Induktion der Zerstörung und Erhaltung des Chlorophylls sowie der Assimilation durch UV-Strahlen < 300 $\mu\mu$ bei Verwendung sehr starker Quarzquecksilberlampen

Von

Oswald Richter (Brünn)

korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Aus dem Institute für Botanik, Warenkunde, Technische Mikroskopie und Mykologie der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn Nr. 83 und aus dem biologischen Laboratorium des allgemeinen Bezirkskrankenhauses in Schatzlar, Vorstand: Primarius MUDr. Hans Havlicek)

(Mit 2 Textfiguren und 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. März 1935)

I. Chlorophyllzerstörungs- und Chlorophyllerhaltungsinduktion durch UV-Strahlen < 300 $\mu\mu$ einer sehr starken modernen künstlichen Höhensonne (1).

Vor zwei Jahren hatte ich (2) Gelegenheit zu zeigen, daß künstliche Höhensonnen (k. H. S.), wie sie von der Firma Quarzlampengesellschaft in Hanau geliefert werden, dank der in ihnen reichlich vorhandenen Strahlen < 300 $\mu\mu$ einen entscheidenden Einfluß auf die Zerstörung, beziehungsweise Erhaltung des Chlorophylls[1] ausüben, und außerdem konnte ich den Nachweis erbringen, daß den Strahlen < 300 $\mu\mu$ auch die Fähigkeit zukommt, bereits in 10 bis 15 Minuten anscheinend einen deutlichen, durch die Sachs'sche Jodprobe nachweisbaren Assimilationseffekt auszulösen (2).

Seither ist das sogenannte Jubiläumsmodell *a* der Hanauer Quarzlampengesellschaft herausgekommen sowie der Typus der Analysenquarzlampe (A. Q. L.) *b*, beide mit U-förmig gebogenem Brenner, beide (3) nun auch noch ausgestattet mit einem die UV-Strahlen vorzüglich konzentrierenden Hohlspiegel, womit insbesondere *b* mit den von Primarius MUDr. H. Havlicek angegebenen Verbesserungen der Ozonabsaugung u. a. eine der stärksten, wenn nicht die stärkste für physiologische Versuche ganz besonders geeignete UV-Quelle darstellt (4).

Schon im Vorjahre konnte ich mit dieser k. H. S., A. Q. L. Nr. 2620, im Schatzlarer Krankenhause arbeiten und mit ihr die in wenigen Sekunden erfolgende Induktion der Anthokyanzerstörung

---

[1] Abgekürzt: Chl.-Z. und Chl.-E.

bei einer ganzen Anzahl von Blüten, besonders bei denen von *Phlox*, nachweisen und zeigen, daß auf Grund der damaligen Versuche der Vorgang der Anthokyanzerstörung scheinbar dem Gesetze: $I.t$ (Produkt von Intensität und Zeit) = konst., gehorcht, das graphisch in Form einer Hyperbel darstellbar war (5). Ebenso wurde bei *Pelargonium Odier hortorum* in wenigen Sekunden eine Entmischung der in den Makeln vorhandenen Anthokyane durch die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ jener A. Q. L. induziert, die nach Stunden zur Ausbildung von in $50\,^0/_0$ Äthylalkohol fixierbaren Anthokyansphäriten führte, wodurch in den Blütenblättern aus Anthokyansphäriten bestehende, den aufgelegt gewesenen Buchstabenstanzen entsprechende dunkelrote Sphäritmosaike in Buchstabenform als Dauerpräparate erhalten werden konnten (5, IV. u. V.).

Auch im Ferienaufenthalte des Jahres 1934 machte es mir die in liebenswürdigster Weise von meinem lieben Schüler und Freunde Primarius Dr. H. Havlicek gegebene Erlaubnis möglich, im biologischen Laboratorium des allgemeinen Krankenhauses in Schatzlar wissenschaftlich zu arbeiten, wofür ich ihm auch hier herzlichst danke.

Ich konnte mich daher mit in meiner Arbeit des Jahres 1932 (2) noch offen gelassenen Fragen beschäftigen, beziehungsweise mich solchen Problemen widmen, die im Hinblick auf die ungeheure nun zur Verfügung stehende Intensität der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ der A. Q. L. Nr. 2620 auf den Experimentator einstürmten.

Die Untersuchungen des Vorjahres über die Anthokyanzerstörung (5) ließen es zunächst verlockend erscheinen, mit ähnlich kurzen Expositionszeiten bei relativ kurzen Entfernungen vom Brenner (25 *cm*) wie bei den Untersuchungen über Anthokyan die Wirkung der UV-Strahlen auf das Chlorophyll (Chl.) zu überprüfen.

Auf Grund der Überlegung, daß Blattepidermen, speziell solche der Oberseite, den UV-Strahlen einen größeren Widerstand entgegensetzen als die Epidermen zarter Blumenkronenblätter und sie dadurch stärker schwächen, wurden von vornherein bei den geplanten Versuchsserien für die einzelnen Teilversuche längere Zeitintervalle, und zwar von 10 Sekunden bis zu einer halben Minute, in Anwendung gebracht, das Zeitintervall von 10 Sekunden bei allen Bestrahlungen bis zur Bestrahlungszeit von einer Minute, das Zeitintervall von einer halben Minute bei allen längeren Bestrahlungszeiten.

Die Versuchsanstellung war die folgende: Auf die gleiche mit tropfnassem Filtrierpapier bedeckte Glasplatte (6) wurden zwei strotzend frische, eben vor Versuchsbeginn eingebrachte, in feuchter, mit nassem Filtrierpapier ausgekleideter Schale gehaltene sattgrüne Blätter der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus* L.), das eine mit der Oberseite (OS.), das zweite mit der Unterseite (US.) nach oben gelegt. Auf jedes dieser auf Filtrierpapier und Glasplatte liegenden Blätter wurde nun eine Zinkblechschablone (Zbl. Sch.), die das Wort »Licht« ausgestanzt zeigte, gegeben und nach Einbrennen der A. Q. L. — Einbrenndauer 3 Minuten — erfolgte die Exposition der so vorbereiteten Blätter auf einem Dreifußgestell aus Eisen, so daß die Strahlen des Brenners die Versuchsobjekte gleichzeitig und jeweilig während der gleichen Zeitdauer trafen (7).

Nach erfolgter Bestrahlung wurden die Blätter in der Reihenfolge der Behandlung in eine mit feuchtem Filtrierpapier ausgestattete Glasschale — ein nasses Filtrierpapier auf dem Schalenboden, eines im Schalendeckel — eingetragen, so daß jede Verwechslung der Blätter ausgeschlossen war. Für diese Nachbehandlung hat sich das leichte je zur Hälfte Übereinanderlegen der Blätter (Bl.) in den mit Filtrierpapier ausgelegten Glasschalen als ganz besonders vorteilhaft erwiesen. Dabei wurden stets die von der OS. bestrahlten Bl. mit der OS. nach oben, die von der US. bestrahlt gewesenen Bl. mit der US. nach oben in der Glasschale untergebracht, was ganz wesentlich zur Sicherheit für die Orientierung über die Behandlungsweise jedes Blattes beitrug. Ein direktes Bedecken der Bl. mit nassem Filtrierpapier außer dem am Schalenboden und im Schalendeckel befindlichen nassen Filtrierpapieren, wie ich es seinerzeit (8) vornahm, erwies sich bei den großen Bl.-Mengen — 20 bis 24 Bl. in einem Großversuche —, wie sie im Hinblick auf die gegebene Beschränkung bezüglich der zur Verfügung stehenden Schalenzahlen in jeder Glasschale zusammengedrängt werden mußten, als unvorteilhaft, weil infolge der mit dieser Art von Bedeckung mit nassem Filtrierpapier zusammenhängenden zu ausgiebigen Befeuchtung schon etwa am 4. bis 5. Tage der Aufbewahrung Fäulniserscheinungen an den Bl. zu beobachten waren, die bei dem Weglassen des direkt deckenden Filtrierpapiers bis zum Versuchsschlusse ausblieben. Die Glasschalen wurden im diffusen Tageslichte des Laboratoriums belassen. Von einem Kontrollversuche, bei dem die Schale mit den Bl. im Dunkeln aufbewahrt worden wäre, wurde im Hinblick auf Erfahrungen aus den Jahren 1930/31 und 1931/32 als unnötig abgesehen.

Außer der Distanz von 25 *cm* vom Brenner kam in einigen Versuchsserien auch noch die Distanz von 50 *cm* bei sonst gleicher Versuchsmethode in Anwendung. Nur wurden entsprechend der größeren Entfernung vom Brenner und im Hinblick auf die schon mit Blüten gesammelten Erfahrungen (5) die Bestrahlungszeiten um das jeweilig doppelt so große Zeitintervall vergrößert, also statt um 10 um 20 Sekunden, statt um eine halbe um eine Minute. Auch erfolgte die Exposition ohne Verwendung des Gestells.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über die in Anwendung gebrachte Methode mögen nun unter Hinweis auf die in den wegen der zu großen Kosten nicht zur Veröffentlichung gelangenden Protokollen zusammengestellten Teilerfolge, die die Angaben über das Verhalten der Versuchsblätter unmittelbar nach erfolgter Bestrahlung und nach der Unterbringung in der feuchten Kammer bei Tageslicht enthalten, in wenigen Sätzen die

Ergebnisse der Bestrahlungsversuche

festgehalten sein.

1. Die A. Q. L. Nr. 2620 gestattet infolge ihrer ungeheuren Intensität der UV-Strahlen eine ganz wesentliche Abkürzung der Bestrahlung sowohl für die Chl.-Z. wie für die Chl.-E. in den bestrahlten Partien gegenüber den seinerzeit (2) in Verwendung genommenen k. H. S. mit gestreckten Brennern.
2. Vergleichende Versuche mit bei 25 und 50 *cm* Distanz vom Brenner gehaltenen Bl. ergaben, daß sich die zugehörigen Effekte bei beiden Distanzen etwa am besten entsprechen, wenn sich die Expositionszeiten der Bl. bei der kürzeren zur längeren Entfernung verhalten annähernd wie 1 : 2.
3. Die Expositionszeit für die unmittelbar nach Wegnahme der Bl. aus dem Bestrahlungsraume wahrnehmbare Chl.-Z. war in Über-

einstimmung mit dem in 2. Gesagten bei Bl. aus der 25 *cm* Distanz $1^1/_2{}^m$, beziehungsweise 2^m bis 140^s und 160^s, bei denen aus der Entfernung von 50 *cm* 3^m, beziehungsweise 4^m bis 280^s und 320^s (Protokolle 1, 2, beziehungsweise 7).

4. Wieder waren bei diesen relativ langen Expositionszeiten deutliche Unterschiede an den Bl. feststellbar, je nachdem sie von (v.) der (d.) US. oder der OS. her bestrahlt worden waren, und zwar zeigt sich in der Regel unmittelbar nach der Bestrahlung bei der großen angewendeten Lichtintensitat die direkte Chl.-Z. oder, wie ich sie heute nenne, die Chl.-Zertrümmerung[1] nach den diesbezüglichen kritischen Expositionszeiten bei den v. d. OS. her bestrahlten Bl. rascher und deutlicher als bei den v. d. US. her bestrahlten, weil offenbar der Weg für die UV-Strahlen zum chl.-reichen Palisadengewebe beim v. d. OS. her bestrahlten Bl. kürzer ist als bei dem v. d. US. her bestrahlten Bl. und damit die Schwächung der maßgebenden Strahlen $< 300\,\mu\mu$ infolge der Absorption seitens der Zellulosewände (9) bei den v. d. OS. her bestrahlten Bl. wesentlich geringer sein dürfte.
5. In allen Fällen der Anwendung kurzer Expositionszeiten, nach deren Ablauf, also unmittelbar nach dem Abschlusse der Bestrahlung, an den Bl. gar keine Veränderung festzustellen war, konnte man jedoch im allgemeinen wieder (10) die v. d. US. her bestrahlten Bl. den v. d. OS. her bestrahlten Bl. im Versuchserfolg vorauseilen sehen.
6. Dies galt besonders vom Auftreten der Chl.-Z. innerhalb der bestrahlt gewesenen Buchstaben-(Bu.)-Areale und den über den Schablonenrand herausragenden von den Zbl. Sch. nicht bedeckt gewesenen Bl.-Flächen.

   Man sieht nach 1 bis 2 Tagen in den z. B. 16 Sekunden bestrahlt gewesenen Bu.-Arealen eine diese Bl.-Flächen ganz scharf ausfüllende Gelbfärbung im satten Grün der OS. bei dem v. d. US. her bestrahlten Bl. auftreten, wie sie in der Abb. 2 der Taf. I zur Darstellung kam (11). Danach ist man berechtigt, von einer Induktion der Chl.-Z. zu sprechen. Die notierte Expositionszeit des Bl. wird somit zur Induktionszeit (I. Z.) der Chl.-Z. (Protokoll 3).

   Meine unveröffentlichten Protokolle 1 bis 5 zeigen, daß wohl 16 Sekunden die optimale I. Z. für die Chl.-Z. bei v. d. US. her bestrahlten Bl. darstellen, daß aber auch 14, 12, 10 und 8 Sekunden als Chl.-Z.-I. Z. angesehen werden können, wenn auch ihre Wirkung nicht unerheblich gegen die 16 Sekunden-I. Z. zurücksteht, wie aus den vermerkten Beobachtungsdaten, aus denen die Reaktionszeiten (R. Z.) in Tagen berechenbar sind, hervorgeht. Aber auch 18, 20, 22 und 24 Sekunden

[1] Diese Art von Chl.-Z. wird von den UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ auch im durch Alkohol getöteten Blatte besorgt (Protokoll Nr. 11).

sind noch imstande, Chl.-Z. bei v. d. US. her bestrahlten Bl. auszulösen (Protokoll 3, 4 und 5).

Werden die I. Z. bei v. d. US. her bestrahlten Bl. auf 28, 30 und 50 bis 60 Sekunden (Protokolle 3 und 1) verlängert, so ergeben sich nach 4 bis 5 Tagen Bilder, die im wesentlichen als Chl.-Z. aufzufassen sind, bei denen man aber entweder in Form von dunkelgrünen Zonen noch im Rahmen der bestrahlt gewesenen Bu.-Areale um die hellgelb gewordenen Bu.-Zentren oder als dunkelgrüne Flecken in den sonst gelb gewordenen Bu. den Versuch einer Chl.-E. verbuchen muß.

Einlegen der mit den gelben Bu. der Chl.-Z. versehenen Bl. in eine 20prozentige Kalilauge in 40prozentigem Äthylalkohol, dem bekannten Reagenz von Molisch (12) auf Karotine und Xantophyll, ließ am nächsten Tage die Bu.-Folgen rein goldgelb im fast weißen Bl. hervortreten. Die mikroskopische Untersuchung bewies, daß in den Bu.-Arealen Unmassen von Karotinkrystallen, ja in jeder Zelle mindestens ein Krystall von Karotin, zu sehen waren, während im Subschablonengebiete nur locker gelagerte, allerdings größere Krystalle vorkamen.

7. In keinem Falle wurde in den bestrahlten Flächen, also in den Bu.-Arealen und den von den Zbl. Sch. nicht mehr bedeckten Bl.-Gebieten durch bloß sekundenlange Induktion eine Chl.-Z. ausgelöst, wenn die betreffenden Bl. v. d. OS. her bestrahlt worden waren. Hiebei kommt es nur zur Chl.-E. (13).

Auch für diese Erscheinung erweist sich eine I. Z. von 16 Sekunden bei 25 *cm* Entfernung vom Brenner als sehr vorteilhaft, wie aus Abb. 1 der Taf. I hervorgeht.

Doch sind auch I. Z. von 8^s, 10^s, 12^s, 14^s, 18^s, 20^s, 22^s, 24^s, 26^s, 28^s, 30^s, 32^s, 40^s, 50^s und 60^s usf. bis 90^s bei 25 *cm* D.,[1] 3^m, 4^m, 5^m und 6^m bei 50 *cm* D.[1] nicht minder geeignet.

8. Bei 4^s-I. Z. tritt weder Chl.-Z. in v. d. US. noch Chl.-E. in v. d. OS. her bestrahlten Bl. in den bestrahlt gewesenen Bl.-Partien ein. Solche Bl. verhalten sich vielmehr wie unbestrahlte Kontrollblätter und zeigen nach 5 bis 6 Tagen Aufenthalt im feuchten Raume die Gesamtvergilbung der Bl.-Fläche, gleichgültig, ob sie v. d. OS. oder v. d. US. her bestrahlt worden waren.

Nur die Erscheinung der Abschmelzung(?) des Wachsüberzugs, von der noch auf p. 168 die Rede sein wird, läßt sich auch bei dieser kurzen I. Z. bei den v. d. US. her 4^s lang bestrahlten Bl. einwandfrei, und zwar sofort nach erfolgter Bestrahlung, feststellen.

---

[1] D. = Distanz.

9. In der Spanne von 4 bis 8^s (6^s in Protokoll 3) muß somit jene I. Z. liegen, die man als die der Reizschwelle für Chl.-Z. und Chl.-E. entsprechende I. Z. für 25 *cm* D. bezeichnen kann.
10. Bei den I. Z. $< 30^s$ macht sich bei *Tropaeolum*-Bl. mitunter, sehr instruktiv auch bei kürzeren I. Z. bei *Robinia Pseudacacia* — endlich bei I. Z. von 30^s, 60^s und 2^m bei 25 *cm* D. an Bohnen, *Phaseolus multiflorus*-Bl. — (Protokoll 9 und 10) wieder das schon 1932 (2) beschriebene Vorauseilen der v. d. US. gegenüber den v. d. OS. her bestrahlten Bl. in der Chl.-E. bemerkbar. Die für die Chl.-E. in den Bu.- und in den anderen von den UV-Strahlen getroffen gewesenen übrigen Bl.-Flächen charakteristischen Erscheinungen wurden vermerkt bei:
   A. v. d. OS. her bestrahlt gewesenen *Tropaeolum*-Bl. nach 72^h, bei *Robinia*-Bl. überhaupt nicht;
   B. v. d. US. her bestrahlt gewesenen *Tropaeolum*-Bl. nach 48^h, beziehungsweise 24^h, bei *Robinia*-Bl. nach 96^h,

   wobei die zugehörigen I. Z. die folgenden waren für:
   A. $1^1/_2{}^m$ bei *Tropaeolum*-Bl.; 10^s, 20^s, bei D. 25 *cm*; 80^s bei *Robinia*-Bl. in D. 50 *cm* (Protokoll 9);
   B. $1^1/_2$ bis 3^m (Protokoll 1) bei *Tropaeolum*-Bl.; 10^s, 20^s, bei D. 25 *cm*; 80^s bei *Robinia*-Bl. in D. 50 *cm* (Protokoll 9).
11. Je mehr sich sonach die stets um 2^s verschiedenen I. Z. der gleichfalls aus Ersparungsrücksichten nicht zur Veröffentlichung gelangenden tabellarischen Zusammenstellung der Protokolle 3 und 5 von beiden Seiten 16^s, beziehungsweise 18^s nähern, desto schroffer wird der Gegensatz zwischen den v. d. OS., beziehungsweise v. d. US. her bestrahlten Bl. in der Richtung der Chl.-Z., beziehungsweise Chl.-E.

   Die 16^s von den UV-Strahlen v. d. OS., beziehungsweise v. d. US. getroffen gewesenen und dann in die feuchte Kammer übertragenen Bl. zeigen den fundamentalen Unterschied im Verhalten der OS. und US. zu allererst und am auffallendsten und längsten, so daß 16^s, beziehungsweise 18^s als die optimale I. Z. für Chl.-Z. und möglicherweise auch für die Chl.-E. angesprochen werden kann. Aus diesem Grunde wurden beiderlei Bl. mit ihren zugehörigen Ergebnissen auch in den Abb. 1 und 2 der Taf. I zur Darstellung gebracht.

   Ein Blick auf diese Tafel zeigt, daß nach der Induktion von 16^s in der OS. des v. d. US. her bestrahlten Bl. typisch karotin- und xantophyllgelbe Bu. zu sehen waren und daß die gleiche I. Z. von 16^s im v. d. OS. her bestrahlten Bl. in dessen Palisadengewebe typische Chl.-E. ausgelöst hatte.

   Die I. Z. von 16^s, beziehungsweise 18^s aktiviert sonach in den v. d. US. her bestrahlten Bl. ein Chl.-spaltendes Ferment, eine »Chlorophyllase« (14), und zwar anscheinend im Schwammparenchym des Bl., die nun zunächst

in genau senkrechter Richtung in das Palisadengewebe vordringt, wobei es vielfach, wie aus der Entwicklung der Vergilbung in den Bu.-Gebieten zu sehen ist, den Bl.-Nerven, den Gefäßbündeln, folgt, also sich vermutlich in den Siebteilen der Gefäßbündel weiter bewegt, um schließlich die Bu.-Flächen zur Gänze zu durchdringen.

Bei einer Chl.-Z. wie der eben beschriebenen kann nicht von direkter Farbstoffzerstörung durch die UV-Strahlen < 300 μμ gesprochen werden wie in den seinerzeitigen (14) und in den in den Punkten 2. und 4. geschilderten Versuchen mit längerer Bestrahlungsdauer, da bei der Wegnahme der Bl. nach erfolgter Bestrahlung nicht die geringste Veränderung des Chl. wahrgenommen werden kann.

Zur Erklärung der in der Tafel I (Abb. 2) dargestellten und ähnlich erzielten Chl.-Z.-Fälle bleibt nach der im Vorstehenden erörterten Sachlage nur die Annahme eines Chl.-lösenden Fermentes, eben einer »Chlorophyllase« übrig.

Hat nun die »Chlorophyllase« das Chl. in den Bu.-Arealen weitgehend abgebaut und eine etwa dottergelbe Farbe ausgelöst, so scheint das Ferment nach rund 3 Tagen auch in das Subschablonengebiet überzugreifen, da sich vom 3. Tage an das bis dahin grün gebliebene Gebiet hellgelb zu verfärben beginnt. Aber auch nach 5 bis 6 Tagen bleiben, auch wenn das übrige Blatt bereits ganz hellgelb verfärbt erscheint, die bestrahlt gewesenen Flächen der Bl., also die Bu.-Areale und die über die Schablonenränder vorragenden Bl.-Ränder, karotingelb und heben sich auch weiter noch derart — sattdottergelb — von dem blaßhellgelb gewordenen Subschablonengebiete ab (Abb. 2 der Taf. I).

12. Durch Versuche mit Objektträgerauflage wurde wieder bewiesen, daß es nur die Strahlen < 300 μμ sind, die so entscheidend in den Chemismus sowohl des Chl.-Farbstoffes wie des Chl.-Stromas eingreifen (Protokoll 4 und 5).

13. Nach dem in Punkt 11. besprochenen Verhalten der nun zweifellos nachgewiesenen »Chlorophyllase«, deren anscheinendem Auftreten im Schwammparenchym des Bl. und deren senkrechtem Vordringen ins Palisadengewebe der Bl.-OS. erscheint heute nach der Erwerbung dieser Erkenntnisse die Erklärung für die Chl.-E. in den Bu.-Arealen bei den v. d. OS. her bestrahlt gewesenen Bl. schwieriger als beim Stand unseres Wissens von 1932. Damals habe ich (15) für die mir damals bekannte Leistung der k. H. S. mit gestrecktem Quarzbrenner in der Chl.-E. einerseits im Hinblick auf Stahl's (16) Untersuchungen an *Salisburnia Gingko* und meine (17) seinerzeitigen Beobachtungen an *Lithocolletis*-Minen als die eine Erklärungsmöglichkeit eine Fällung der »in den Siebröhren

befindlichen Substanzen« »durch die UV-Strahlung« »und damit« eine Verhinderung »an einem Weitertransporte«, beziehungsweise eine Tötung der »Siebteile der Gefäßbündel« mit dem gleichen Effekte der Verhinderung des Weitertransportes der »N-haltigen Komponente« des Chl. und einen ganz im Sinne der Deutung von Molisch (18) für Stahl's Befunde »als der Chl.-E. zugute kommenden Stauungserfolg der organischen Substanzen« angenommen und andererseits die Möglichkeit einer Zerstörung eines als »Chlorophyllase« bezeichneten Fermentes zur Diskussion gestellt, ohne mich auf eine dieser Erklärungsmöglichkeiten festzulegen. Im vorliegenden Falle scheint mir die zweite Erklärungsmöglichkeit als nicht mehr ausreichend. Denn der Bestrahlungsversuch des gleich alten, etwa gleich großen *Tropaeolum*-Blattes, das während der Bestrahlung die US. nach oben kehrte, ergab ja gerade eine Aktivierung der »Chlorophyllase« bei der gleichen I. Z. von 16^s. Es ist also gar nicht einzusehen, warum bei der gleichen I. Z. von 16^s auf der OS. das gleiche Ferment nicht nur nicht auch geweckt, sondern sogar zerstört worden wäre, es sei denn, daß wir auch in der Richtung des Verhaltens der Fermente das dikotyle Bl. als dorsiventral gebaut ansehen und, wie in Punkt 11 angeführt, annehmen wollten, daß der Platz der Entstehung der Chlorophyllase das Schwammparenchym sei, zu dem während 16^s die UV-Strahlen der A. Q. L. Nr. 2620 noch nicht durchgeschlagen hätten, um zur Fermentbildung die entscheidende Anregung zu geben. Da aber auch die 18^s, 20^s, 22^s, 24^s,[1] 28^s, 30^s, 50^s,[2] 60^s[2] usw., 3^m[3] und 4^m[3] v. d. OS. bestrahlt gewesenen Bl. das der 16^s-Bestrahlung analoge Verhalten der Chl.-E. zeigten und man bei der von mir (19) wiederholt nachgewiesenen Durchschlagskraft der UV-Strahlen starker k. H. S. durch Zellhäute eine derart weitgehende Hemmung durch die Zellmembranen nicht recht annehmen kann, so blieben nur zwei Annahmen diskutabel, wenn man nicht zur ersten in meiner ersten Arbeit (15) angeführten Erklärungsmöglichkeit neuerlich Zuflucht nehmen will.

Die beiden neuen Annahmen wären nämlich

a) die, daß das Chl. selbst eine solche Abfiltrierfähigkeit für die UV-Strahlen, die das Ferment Chlorophyllase im Schwammparenchym anregen können, besäße, daß sie ins Schwammparenchym einfach nicht vorzudringen vermögen und somit in Ermanglung einer Chlorophyllaseweckung Chl.-E. das Bestrahlungsergebnis sein müßte;

---

[1] Protokoll 4.
1.
[3] 2.

b) die, daß im Chl.-reichen Palisadengewebe des v. d. OS. her bestrahlten Bl. eine Art Antiferment, also eine Antichlorophyllase, aktiviert würde, das, beziehungsweise die das Eindringen der Chlorophyllase aus ihrem Ursprungsort, dem Schwammparenchym, in das Palisadengewebe verhindern würde.

Von diesen Annahmen ist die unter *a)* behandelte durch das Verhalten des dem Bl. mit Äthylalkohol entzogenen und in Filtrierpapier aufgesogenen und nach Verdampfen des Alkohols auf dem Filtrierpapier festgehaltenen und dann der UV-Bestrahlung der A. Q. L. Nr. 2620 ausgesetzten Chl.-Farbstoffs nicht zu stützen (Protokoll 6 und Abb. 3 der Taf. I).

Exponiert man in der erwähnten Art in Filtrierpapier aufgesogenen Chl.-Farbstoff der k. H. S., so erscheint er in den Bu.-Arealen, bei niederen Konzentrationen des verwendeten Roh-Chl. in wenigen (20, 30, 40) Sekunden, bei höheren in 1 bis 10 Minuten so völlig zerstört, daß die bestrahlt gewesenen Gebiete im grünen Grunde völlig weiß aufleuchten (Protokoll 6). Dabei zeigt es sich wieder, daß Glas-Obj.- (20) imstande ist, die wirksamen Strahlen der Chl.-Farbstoff-Z. abzufiltrieren. Es sind also auch für diese chemische Leistung die Strahlen $< 300\,\mu\mu$ als die für die Chl.-Z verantwortlichen anzusehen.[1]

Wenn man darnach wohl noch sagen könnte: »Wenn der Chl.-Farbstoff erst nach 30 bis 40^s völlig zerstört wird, könnte er bei 16^s immer noch ein entsprechend großes Absorptionsvermögen für die wirksamen UV-Strahlen besitzen«, und darauf hinzuweisen vermöchte, daß der an das Chl.-Stroma gebundene Farbstoff mit dem durch Alkohol extrahierten in seinen Absorptionseigenschaften für UV-Strahlen doch keineswegs übereinzustimmen braucht, so wird man nach dem Gesagten kaum mehr Gefallen genug an Annahme *a)* behalten.

Ebenso wird Annahme *b)* so lange mit einer gewissen Reserve behandelt werden, als noch kein weiterer Anhaltspunkt für die Existenz einer Antichlorophyllase bekannt ist als das Erhaltenbleiben von Chl. in v. d. OS. her UV-bestrahlten Bl., während gleichlang v. d. US. her bestrahlte in der gleichen Zeit Chl.-Z. zeigen, zumal, wenn eine immer noch allerlei verständlich machende Erklärungsmöglichkeit in der Stauung organischer Substanzen und in der Verhinderung der Abwanderung der N-haltigen Chl.-Komponente zur Verfügung steht. In dem auch im Sommer 1934 fertiggestellten II. Teil dieser Arbeit vermochte ich im Anschluß an Erfahrungen des Jahres 1932 über »Assimilation im Bereiche der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$« (21) zu zeigen, daß es infolge der Bestrahlung mit einer sehr starken k. H. S. (22) zur Induktion der Stärkebildung in den bestrahlten Partien der Bl. der Kapuzinerkresse kommt, was allein Beleg genug dafür ist, daß es in den Flächen, wo UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ auftrafen, zu einer Stauung organischer Substanzen kommen kann.

Und so entscheide ich mich denn für die 1932 (15) als die erste angeführte Erklärungsmöglichkeit, »daß durch die UV-Strahlung die in den Siebröhren befindlichen Substanzen gefällt

---

[1] Vgl. hiezu auch das Verhalten des Chl.-Farbstoffs im durch Äthylalkohol getöteten Blatte bei Bestrahlung mit UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ (Protokoll Nr. 11); siehe auch Fußnote 1 der p. 160.

und damit an einem Weitertransporte verhindert würden (23), womit ganz im Sinne von Stahl (24) und den von mir (25) gemachten Beobachtungen an *Lithocolletis*-Fraßspuren im Ahornblatt der Abbau des Chlorophylls und die Abwanderung seiner N-haltigen Komponente unmöglich gemacht« und »die Erscheinung ganz im Sinne der Deutung von Molisch (26) für Stahl's Befunde als der Chlorophyllerhaltung zugute kommender Stauungserfolg der organischen Substanzen anzusehen wäre«.

Jedenfalls ist, ganz abgesehen von der Erklärung, die man dafür geben will, die Tatsache des verschiedenen Verhaltens des Chl.-haltigen Palisaden-, beziehungsweise Schwammparenchyms — oder, noch krasser ausgedrückt, des doch anscheinend gleichartig aussehenden und gleichartig gebauten Chlorophylls im Palisaden-, beziehungsweise Schwammparenchym — des Kapuzinerkressenblattes nach erfolgter sekundenlanger UV-Bestrahlung, je nachdem die UV-Strahlen zuerst die OS. oder die US. des Bl. trafen, eine höchst beachtenswerte Erscheinung, die mir mit den Untersuchungen von Mothes (27) über Fermente des Eiweißabbaues im Bl. in engster Beziehung zu stehen scheint (28).

Zusammenfassung der Ergebnisse.

In der vorliegenden kurzen Arbeit wird der Nachweis erbracht, daß die weitere Verbesserung der Quarzlampenkonstruktion und die damit verbundene Verstärkung von deren Strahlungsenergie und der damit zusammenhängenden Steigerung der Intensität der im Quecksilberbogen enthaltenen UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$, wie sie in der Analysenquarzlampe mit dem U-förmigen, durch einen Reflektor in seiner Wirkung verstärkbaren Brenner des Jubiläumsmodells der Quarzlampengesellschaft in Hanau Nr. 2620 vorliegt, gestattet, bereits bei einer Bestrahlungszeit der eingebrannten Lampe von 8^s die Zersetzung des Chlorophylls (Chl.-Z.) in Blättern (Bl.) der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L., in der Blattoberseite zu induzieren, wenn die Bl. von der Unterseite (v. d. US.) her in der Distanz von 25 *cm* bestrahlt werden. Bei der Bestrahlung von der Oberseite (v. d. OS.) her vermögen sich die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ bei derart kurzer Induktionszeit (I. Z.) durch Chl.-Erhaltung nur vorübergehend anschaulich auszuwirken.

Ist die I. Z. von 16^s erreicht, so bewirkt die Bestrahlung der Bl. v. d. US. her als Nachwirkung der kurzen Induktion in den nachher in feuchter Kammer gehaltenen Bl. Chl.-Z. mit klarer Karotin-, beziehungsweise Xantophyllverfärbung im Palisadengewebe der Bl.-OS. nur in den Buchstaben (Bu.) und den anderen von UV-Strahlen 16^s lang getroffen gewesenen Bl.-Flächen, die Bestrahlung v. d. OS. her jedoch Chlorophyllerhaltung (Chl.-E.) im Bu.-Areale und in den anderen bestrahlt gewesenen Bl.-Flächen. Danach muß durch die UV-Strahlen ein Chl.-

lösendes Ferment — »Chlorophyllase« — geweckt worden sein, das seinen Sitz im Schwammparenchym des Bl. zu haben scheint und das von da zur »Arbeitsleistung« ins Palisadengewebe der Bl.-OS. vorzudringen vermag, wobei es scheinbar den durch die Vertikale gekennzeichneten kürzesten Weg wählt. Dieses senkrechte Vordringen der Chlorophyllase muß aus dem Umstande erschlossen werden, daß sich das Subschablonengebiet volle 1 bis 2 Tage später, haarscharf begrenzt, dunkelgrün von den karotin-, beziehungsweise xanthophyllgelb gefärbten Bu.-Flächen abhebt, die selbst wieder von den Gefäßbündeln aus ihre Vergilbung begannen. Erst am 3. oder 4. Tage setzt die Vergilbung im Subschablonengebiete in der Weise ein, wie sich unbehandelte abgeschnittene Kontroll-Bl. im feuchten Raume nach 3, 4, 5 oder 6 Tagen hellgelb verfärben. Doch erreicht diese Hellgelbfärbung im Subschablonengebiete niemals die sattgelbe Karotinfarbe der Bu.-Gebiete (siehe Tafel I, Abb. 2). Der Nachweis der Karotin-, beziehungsweise Xanthophyllbildung in den Bu.-Flächen gelingt durch Einlegen der Bl. in das bekannte Reagens von Molisch: 20% Kalilauge in 40prozentigem Äthylalkohol.

Die Bestrahlung der Bl. v. d. OS. her durch die A. Q. L. Nr. 2620 kann bei 25 *cm* Distanz und bei genügender Dauer (2, 3, 4, 5 Minuten) das Chl. sofort zerstören, so daß in der Art, wie ich dies 1932 mit den k. H. S. mit gestrecktem Brenner und Kippzündung bei 42 *cm* Distanz in $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden erzielte, sofort nach Beendigung der Bestrahlung die hellgelbe Farbe der Xanthophyllkomponente in den Bu.-Arealen und den anderen bestrahlt gewesenen Bl.-Flächen, und zwar ganz scharf begrenzt, sichtbar wird. Diese Art der Chl.-Z. wurde zum Unterschied von der v. d. US. des Bl. her durch sekundenlange Bestrahlung induzierten Chl.-Z. Chlorophyllzertrümmerung benannt.

Bei sekundenlanger Bestrahlung der Bl. v. d. OS. her durch die A. Q. L. Nr. 2620 kommt es beim Halten der Bl. im feuchten Raume nach erfolgter Bestrahlung innerhalb von 2 bis 6 Tagen niemals zur Erscheinung der Chl.-Z., sondern nur zur Chl.-E., was aller Wahrscheinlichkeit nach auf einen Verschluß der Siebröhren infolge von durch die UV-Strahlen bewirkte Fällungen und damit auf durch Schoppung organischer Substanzen und durch Verhinderung des Abschubs der N-haltigen Chl.-Komponente bewirkte Lokalisierung des Chl. in den bestrahlt gewesenen Bl.-Flächen, somit insbesondere in den Bu.-Arealen, zurückzuführen ist. Bezüglich anderer Erklärungsmöglichkeiten sei auf die Ausführungen der p. 164 und 165 verwiesen.

Auch der aus den Kapuzinerkressen-Bl. extrahierte in Filtrierpapiere aufgesogene und darauf getrocknete Roh-Chl.-Farbstoff reagiert in wenigen Sekunden, beziehungsweise Minuten auf die Bestrahlung durch die A. Q. L. Nr. 2620, und zwar wird er in den Bu.-Arealen so vollständig zerstört, daß die Bu. rein weiß auf grünem Grunde sichtbar werden. Besonders

geeignet ist eine Bestrahlungszeit von 30, 40 oder 60^s. Für alle im vorhergehenden geschilderten Veränderungen des Chl. im Bl. und des Chl.-Extraktes sind durchaus die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ verantwortlich.

Anhangsweise

sei noch erwähnt, daß die von der A. Q. L. Nr. 2620 ausgehenden Strahlen im bestrahlten Gebiete auch den Wachsüberzug in eigentümlicher, charakteristischer Weise verändern. Es macht ganz den Eindruck, als ob es zu einer Verschmelzung des Wachsüberzuges käme, die makroskopisch bereits nach 4^s Bestrahlung der Bl.-US. auf dieser durch eine verschiedene Lichtbrechung bei Schrägeinfall des Tageslichtes nach Wegnahme des Bl. vom Bestrahlungsplatze festgestellt werden kann.[1]

Taucht man diese Bl. nun sofort in ein Glas mit Wasser, so zeigen die Bu.-Gebiete einen ganz deutlichen Unterschied in der Totalreflexion des Lichtes, so daß die Bu.-Folgen entweder stärker silberglänzend erscheinen als das Subschablonengebiet oder matter aussehen als die übrige Licht total reflektierende Bl.-Fläche. Diese Unterschiede im Effekt der Totalreflexion des Lichtes stehen mit der Länge der Bestrahlung durch die A. Q. L. in Beziehung und dürften einerseits mit einem weitgehenden Verschmelzen der Wachsüberzugspartikelchen (W. Ü. P.) zu einer mehr oder minder geschlossenen Wachsplatte und andererseits mit der Vertreibung der zwischen den W. Ü. P. befindlichen und von ihnen festgehaltenen Luft durch die Bestrahlung und der damit verbundenen Erwärmung zusammenhängen.

II. Über eine neuartige Induktion der Stärkebildung bei der Kohlensäureassimilation durch die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ einer modernsten künstlichen Höhensonne (29).

Die im Vorstehenden behandelten Induktionswirkungen der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ auf die Chlorophyllzerstörung (Chl.-Z.) und ihre Auslösung innerhalb weniger Sekunden der Bestrahlung ließen es verlockend erscheinen, die mit ihnen vielleicht parallel gehenden Vorgänge der Stärkebildung oder Stärkelösung zu verfolgen.

Dabei zeigte sich, daß eine wenige Sekunden (40^s) währende Bestrahlung von Blättern (Bl.) der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L., durch eine sehr kräftige k. H. S., wie sie die »Analysenquarzlampe (A. Q. L.) Original Hanau Nr. 2620« der Quarzquecksilberlampen-Gesellschaft Hanau darstellt, bei nachheriger Aufbewahrung im Dunkeln im feuchten Raume in den bestrahlt gewesenen Flächen überaus deutliche Stärkebildung auslöst,[2] eine Feststellung, die gewiß allgemeineres Interesse

---

[1] Besonders Protokoll 3, »Wachs«.

[2] Protokoll 7, Versuch III vom 11. VIII. 1934.

verdient. Bekanntlich war es mir (30) bereits 1932 gelungen, eine assimilatorische Leistung von UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ nachzuweisen und die von Ursprung und Blum (31) aufgefundene Wirkung der UV-Strahlen $> 300\,\mu\mu$ auf den CO_2-Assimilationsvorgang nach dem kurzwelligeren Ende des Spektrums hin auszudehnen. Dabei war Vorbedingung, daß die Versuchsblätter im Tageslichte die Synthese der Assimilationsprodukte bereits bis zur Zuckerbildung besorgt haben mußten, worauf die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ lediglich die Stärkesynthese auszulösen hatten (30).

Die Untersuchungen des Sommers 1934 knüpften also mit der unvergleichlich stärkeren Strahlenquelle (A. Q. L.) Nr. 2620 an die der Jahre 1929 bis 1932 an (30). Damals hatten sich ein in Schatzlar am 22. VIII. 1929 10^h vormittags von schattigem Platze aus dem Krankenhausgarten eingeholtes Kapuzinerkressenblatt (30) und die zahlreichen im Oktober und November im eigenen Garten in Brünn um 4^h nachmittags geernteten Bl. von *Tropaeolum majus* L. für die einschlägigen Versuche als besonders verwendbar erwiesen.

Die Versuchsanstellung des Jahres 1934:

Für die großen Versuchsserien wurden je 20, 24, 30, 40 oder 50 Bl. der Kapuzinerkresse, die um $^1/_2 9^h$ früh im Schatten einer Bank oder eines Hauses gewachsen waren oder bis zu einer derartigen Ernte an einem sehr trüben Tage überhaupt nur das matteste Tageslicht des tiefbewölkten Himmels genossen hatten, abgeschnitten und — nach Ermittlung der größten Exaktheit in der Einheimsung der Bl. — sofort im Terrain in feuchter Kammer übereinander, die Oberseite (OS.) nach unten, eingelagert und so unter Vermeidung jedes Turgorverlustes, vom feuchten Filtrierpapier des Glasschalendeckels und mittels des vorgehaltenen dunkeln Rockes vor einfallendem starken Tages- oder Sonnenlicht geschützt, in den Versuchsraum des Krankenhauses übertragen, dort hinter einer Tasche als Schattenspender aufgestellt und nun der Reihe nach zu je einem oder zwei Stück zum Versuche verwendet.

Die Bl. sollen möglichst turgeszent sein und womöglich einen derberen Bau haben, also am Morgen des Versuchstages im Schatten stehende sogenannte »Sonnenblätter« der Kapuzinerkresse sein. Der Grund für diesen Ratschlag für eventuelle Wiederholungen und Überprüfungen des Versuches ist der, daß die förmlich seidenpapierdünnen echten Schatten-Bl., zumal wenn, wie in den Versuchen zur Ermittlung der für die Stärkebildung geeignetsten Induktionszeiten (I. Z.), ganze Blattserien gleichzeitig in Verwendung kamen, die notwendigen Manipulationen des Absiedens der Bl. für die Chl.-Extraktion, die Handgriffe bei der Herauslösung des Chl., bei dem neuerlichen Absieden der durch den Alkohol spröde gewordenen Bl. in Wasser und bei der Anwendung der Sachs'schen Jodprobe wegen ihrer Zartheit nicht ausgehalten haben würden.

Die Methode der Bestrahlung:

25 *cm* vom U-förmig gebogenen Brenner wurden die auf mit tropfnassem Filtrierpapier versehener Glasplatte ausgebreiteten und mit Zinkblechschablonen (Zbl. Sch.) belegten Bl. der Kapuzinerkresse mit oder ohne Glas- (Objektträger [Obj.]-) oder Uvioglasschirm, beziehungsweise Quarzplatte der Bestrahlung durch die k. H. S. A. Q. L. Nr. 2620 ausgesetzt. Dabei wurden meist gleichzeitig zwei Bl., das eine mit der Oberseite (OS.), das andere mit der Unterseite (US.) nach oben, mit ein oder zwei Zbl. Sch. (32) — je nach der Bl.-Größe — bedeckt, und zwar gelangten sie gewöhnlich so zur Exposition, daß die Buchstaben (Bu.) der unteren der zwei Zbl. Sch. vom Obj. abgeschirmt erschienen. Bei bestimmten Versuchen wurde Quarz-, Uviolglas- und Obj.-Bedeckung gleichzeitig in Anwendung gebracht (vgl. p. 172).

Die Methode der Nachbehandlung:

Nach Beendigung der Bestrahlung wurden alle Bl. nach Abnahme der Schablonen und der Obj. usw. in große mit Deckeln versehene Krystallisierschalen gegeben, die mit je zwei großen wassergetränkten Filtrierpapierscheiben ausgestattet waren, von denen stets eine den Boden bedeckte und die andere den Deckel auskleidete.

Bei der einen Serie[1] der Versuche erfolgte das Absieden der Bl. in kochendem Wasser sofort nach der Beendigung der Gesamtbestrahlung, also nach im ganzen etwa 5 bis 10 Minuten-Aufenthalt der zuerst bestrahlten Bl. im Schatten meiner Ledertasche, worauf nach der Chl.-Extraktion und neuerlichem Aufkochen die Durchführung der Jodprobe erfolgte.

Bei den späteren Versuchsserien[2] wurden die in den feuchten Kammern adjustierten Bl. in die Dunkelkammer übertragen und dort durch 6 bis 7^h in völliger Dunkelheit belassen, worauf erst das Aufkochen und die weitere Behandlung bis zur Durchführung der Jodprobe einsetzte.

Endlich wurde eine dritte Versuchsserie inszeniert, bei der die Bl. in der feuchten Kammer in der Dunkelkammer nicht 6 bis 7^h, sondern volle 24^h blieben, ehe sie der Jodprobe mit ihren Vorbereitungen unterworfen wurden.

Zur Ausführung der Jodprobe wurden bei sehr langen Versuchsserien unmittelbar vor dem ersten Aufkochen die Bl. mit Nadel und weißem Zwirn in der Reihenfolge der Bestrahlung aufgefädelt, so daß bezüglich der bei jedem Bl. in Anwendung gebrachten vorherigen Induktionsdauer keine Verwechslung eintreten konnte.

Bei kürzeren Versuchsserien wie die letzterwähnte und bei der Quarz-Glas-Uviolglas-Glas-Versuchsreihe (siehe p. 172),[3] wo nur 8 Bl. auf einmal in Anwendung kamen, wurden nur zwei gleichlang belichtete Bl., ein v. d. OS. und ein v. d. US. her gleichzeitig bestrahltes, gleichzeitig gekocht, der Chl.-Extraktion, der zweiten Aufkochung und der Jodprobe unterworfen.

Die Ergebnisse

sind in den[4] Protokollen 7, 8 und 11 festgehalten.

Aus diesen Protokollen geht hervor,

1. daß bei einer 100^s, 2^m, 3^m bis 3^m 40^s dauernden Bestrahlung bei sofortiger Durchführung der Jodprobe nur inselartig auftretende blauschwarze, also die Jodprobe gebende Flecke in den Bu.-Arealen nachweisbar waren (33);
2. daß dagegen die Jodprobe die Bu.-Areale in sattest blauschwarzer Farbe kontrastreich gegenüber der übrigen Bl.-Fläche hervortreten ließ, wenn die Tötung der Bl. erst nach einem 6 bis 7^h-Aufenthalte in der Dunkelkammer erfolgte, indem die Bl. erst dann in siedendes Wasser geworfen und nach der Chl.-Extraktion mit der Sachs'schen Jodlösung behandelt wurden. Man gewinnt den Eindruck, daß bei dieser Art von Versuchen etwas Ähnliches vor sich geht, wie ich (34) es bei der Blumenkronen-Bl.-Beschriftung nachwies, bei der durch eine relativ sehr kurze Induktionszeit (I. Z.) die Anthokyanveränderung, beziehungsweise die Anthokyan-

---

[1] Protokoll 7, Versuch I vom 9. VIII. 1934 und Fußnote, Protokollseite 9.
[2] 7, II 9. VIII. 1934.
III 11. VIII. 1934.
[3] 8, IV » 11. VIII. 1934.
[4] wegen der zu großen Druckkosten nicht zur Veröffentlichung gelangten

zerstörung angeregt wird, die sich nun in entsprechend längerer Zeit, die ich folgerichtig als Reaktionszeit (R. Z.) benannte, bis zur deutlichen Sichtbarkeit der Bu.-Areale auswirkte.

Auch ergibt sich die klare Parallele zu den sub I behandelten Erfahrungen über die Chl.-Z. (Protokoll 7, Versuche I und II).

Abb. 4 der Taf. I zeigt zwei 6 bis 7^h [1] nach der Bestrahlung in der Dunkelkammer gehaltene und dann der Jodprobe unterzogene Bl., bei denen die Blauschwarzfärbung in der Jodlösung besonders schön ausgefallen ist. Die betreffenden I. Z. der Bestrahlung mit der A. Q. L. Nr. 2620 waren bei diesen Bl. 4, beziehungsweise 3 Minuten.

I. Z. von 2^m bis 4^m erwiesen sich bei Anschluß von sechs- bis siebenstündigen R. Z. gleichzeitig als Expositionsoptimum. Die kürzeste I. Z., die nach 6 bis 7^h Aufenthalt in der Dunkelkammer noch Stärkebildung induzierte, war 40^s. Eine 1^m-I. Z. war bereits vorteilhafter, doch kaum vergleichbar mit den I. Z. von 2 bis 4 Minuten. Ja 4^m-I. Z. können geradezu als ausgezeichnet gelten. Eine I. Z. von 5^m schädigt aber bereits das Bl. zu sehr.

Die in der Abb. 4 der Taf. I sichtbaren Bu.-Hälften der Bu.-Folge: DUV beweisen in Übereinstimmung mit meinen Erfahrungen der Jahre 1929 bis 1932 (35) neuerdings, daß es wiederum die Strahlen $< 300\,\mu\mu$ sind, denen die merkwürdige Fähigkeit eignet, die Stärkebildung auszulösen oder, von jetzt an richtiger ausgedrückt, den Stärkebildungseffekt zu induzieren.

Dabei ist es für den endgültig zutage tretenden Stärkebildungserfolg durch Induktion seitens der UV-Strahlen gleichgültig, ob das verwendete Bl. im übrigen Parenchymgewebe noch Spuren Stärke vom Vortag oder bereits vielleicht am frühen Morgen neugebildete Stärke enthält oder nicht.

Der Kontrast der durch die Jodprobe blauschwarz gefärbten Bu. gegenüber den bloß andeutungsweise gefärbten Stärkeresten im Subschablonengebiete und dem übrigen Bl. ist derart groß, daß über die die Stärkebildung auslösende Leistung der UV-Strahlen gar kein Zweifel bestehen kann.

Mehr noch als in den Versuchen der Jahre 1929 bis 1932 (35) fällt die Kürze der I. Z. auf, die nunmehr bei der ungeheuren Intensität der Strahlung von $^1/_2{}^h$ und 15 bis 10^m auf 1, 2 bis 3^m und 4^m, ja auf 40^s zusammengeschrumpft ist.

Es ist meines Wissens bisher nicht bekannt, daß durch irgendwelche Strahlen des sichtbaren Spektrums in derart kurzer Zeit eine different nachweisbare Stärkebildung ausgelöst worden wäre.

Damit scheint mir meine auch in meiner früheren Arbeit (35) vertretene Ansicht von der Deutung der durch UV-Strahlen bewirkten

---

[1] Läßt man die 2, 3 bis 4^m bestrahlt gewesenen Bl. volle 24^h in der Dunkelkammer, so gibt die nach so langem Dunkelaufenthalt ausgeführte Jodprobe kein Ergebnis mehr. Es macht den Eindruck, als ob bei so langandauernder Verdunkelung die wohl auch in diesen Fällen in den Bu.-Flächen gebildet gewesene Stärke vermutlich durch Diastasewirkung wieder hydrolysiert worden wäre.

nachweisbaren Stärkebildung im Bu.-Areale noch weitergehender gestützt als durch die damals mit der k. H. S. des Kinderspitals in Brünn gewonnenen Resultate.

Freilich könnte man, wenn man wollte, besonders im Hinblick auf den so wesentlich besseren Erfolg der Stärkebildung nach einem sechs- bis siebenstündigen R. Z.-Aufenthalte in der Dunkelkammer wieder die Frage aufrollen, die ich in der Diskussion (36) im Hinblick auf Ursprung's und Blum's Versuche (31) mit »stärkehaltigen« mit Deckgläschen bedeckten »*Phaseolus*-Blättern« nach dem damaligen Stande meiner Kenntnisse über die Leistung damaliger kräftiger k. H. S. zu beantworten versuchte.

»Nach 2 Stunden war« in den Versuchen von Ursprung und Blum (31) bei Dauerbestrahlung durch ein $5^1/_2$ *cm* langes, 1 *cm* weites Leuchtrohr mit einer kleinen Quarzquecksilberlampe (2 Amp., 37 Volt) bei einer Lampendistanz von 10 *cm* in den Versuchs-Bl. »die Stärke unter dem Deckglas vollständig verschwunden, in der übrigen Spreite aber in anscheinend unveränderter Menge erhalten«. Da nun nach Hertel und Aguillon (37) »Diastase durch Wellenlängen unter 300 μμ in kurzer Zeit stark geschädigt wird« und danach nach Ursprung's und Blum's Meinung »bei ein- bis zweistündiger Bestrahlung unter« ihren »Versuchsbedingungen ein Verschwinden der Chloroplastenstärke kaum«, »wohl aber eine Schädigung der Diastase« »zu erwarten« war, deuteten beide Autoren den oben wiedergegebenen Versuchserfolg in der Weise, daß »die Diastase unter dem Deckglas, d. h. bei Ausschluß der schädlichen Wellenlängen unbeschädigt geblieben« und »ihre Wirkung infolge der Temperaturerhöhung wohl noch gesteigert worden war«, »während sie außerhalb des Deckglases ganz oder doch zum größten Teile zerstört worden« sein mochte. Dazu käme, »daß auch unter dem Deckglas keine Stärke neu gebildet wurde, in erster Linie wohl infolge des Welkens und der relativ hohen Temperatur«.

Die zur Entscheidung vorliegende Frage lautete also: Ist der einwandfrei nachweisbare Erfolg der Jodprobe im Bu.-Gebiete und den anderen direkt bestrahlt gewesenen von Glas und Schablonen ungeschützt gebliebenen Bl.-Flächen als Stärkebildung oder als Ergebnis einer durch Diastasezerstörung im Bu.-Areale und den von Glas und Zbl. Sch. ungeschützt gebliebenen Bl.-Flächen eintretenden Aussparung von Stärke in einem vor der Bestrahlung ursprünglich als stärkereich angenommenen Bl. aufzufassen, in dem die von Glas oder Schablonenmetall vor den UV-Strahlen $<$ 300 μμ geschützte Diastase bei stundenlanger Versuchsdauer die gesamte unter UV-Schirm befindliche Stärke aufzulösen vermochte?

Beim Versuch ihrer Beantwortung kam ich damals zu dem Schluß, es müsse im Hinblick auf Hertel's und Aguillon's Feststellung, daß Uviolglas bis 253 μμ durchlässig ist (38), ein Versuch mit Quarz und Uviolglas auf demselben Bl. gemacht werden, wobei man es, im Falle »Diastasezerstörung das Entscheidende« wäre, nur »schwer einzusehen« vermöchte, »warum« beim Ausbleiben einer Stärkereaktion in während der Bestrahlung mit Uviolglas bedeckt gewesenen Bu.-Flächen »dann die Diastase nicht auch im Uviolglas-Bu.-Anteil zerstört würde und die Stärkereaktion im Bu. bloß auf die vom Quarz bedeckte Bu.-Hälfte beschränkt bliebe« (39).

Da die von mir nun 1934 zum Versuche verwendeten Bl. der Kapuzinerkresse so groß waren, daß auf ihnen zwei Zbl. Sch. zur Gänze und meist noch ein Bu. einer dritten Platz fanden, wurden die Platten aus Quarz, Uviolglas und gewöhnlichem Glase (Obj.) derart angeordnet, daß stets ein Obj. mit einer der in ihrer Wirkung besonders interessierenden Platten aus Quarz, beziehungsweise Uviolglas gepaart werden konnte.

Die getroffene Anordnung geht am besten aus der beigefügten Skizze hervor. Die völlig durchsichtigen Platten kamen direkt auf das Bl. zu liegen. Erst auf die Platten wurden die Zbl. Sch. derart gelegt, daß ihre Bu.-Folgen durch die

Berührungs-»Linie« des Quarzes mit dem ersten, beziehungsweise des Uviolglases mit dem zweiten Obj. etwa halbiert wurden. Mitunter kam es zu keinem vollständigen Zusammenschlusse zwischen den betreffenden Platten, so daß eine ganz schmale Zone zwischen Quarz und erstem Obj., beziehungsweise Uviolglas und zweitem Obj. blieb, durch die die von dem Brenner kommenden Strahlen das Bl. direkt zu treffen vermochten. Um aber auf alle Fälle noch eine einwandfrei erkennbare Marke für den

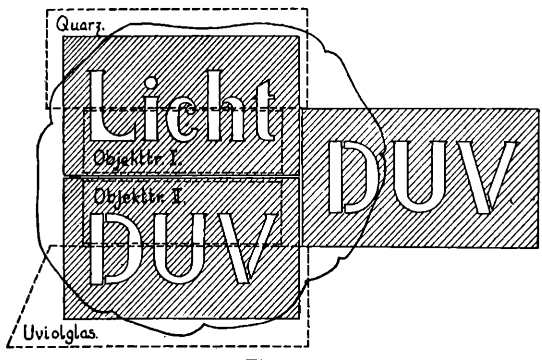


Fig. 1.

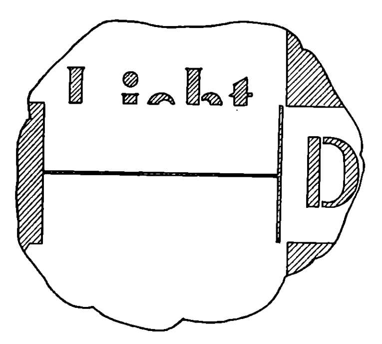


Fig. 2.

Fig. 1 und 2:[1] Der Quarz-Uviolglas-Objektträger-Versuch.

Fig. 1: Die Versuchsanstellung, siehe hiezu p. 172—174.

Fig. 2: Der Versuchsausfall, siehe hiezu p. 174—176 (Protokoll 8).

Erfolgsvergleich zu besitzen, wurde rechts neben die beschriebene Versuchsanordnung noch eine dritte Zbl. Sch. mit einem ausgestanzten »D« aufs gleiche Bl. gelegt (siehe Fig. 1).

War das verwendete Bl. etwas kleiner, so daß das »D« dieser dritten Zbl. Sch. unmöglich mehr auf das Versuchs-Bl. gelegt werden konnte, so wurden die Quarzplatte und der zugehörige Obj. soweit nach links geschoben, daß das »t« des Wortes »Licht« ohne Unterlage von Quarz und Obj. von den UV-Strahlen direkt durchstrahlt werden konnte.

Die Bl. wurden, wie zu erwarten war, nach jeder Bestrahlung völlig prall befunden und nach sorgfältiger Entfernung von Zbl. Sch., Obj., Quarz und Uviol-

---

[1] Für die Herstellung der prächtigen Textfiguren bin ich meiner ehemaligen wissenschaftlichen Hilfskraft Herrn Ing. Gustav Schoblik, für die schönen Photographien der Taf. I Herrn techn. cand. W. Albrecht zu großem Danke verpflichtet.

glas in eine als feuchte Kammer adjustierte, mit Deckel versehene Krystallisierschale gelegt und diese in die Dunkelkammer gestellt, wo sie 7^h stehen blieb.

Nach 7^h völliger Verdunkelung wurden also die Bl. in siedendes Wasser gegeben, der Chl.-Extraktion unterzogen, neuerdings in siedendes Wasser eingetaucht und dann der Sachs'schen Jodprobe unterworfen (Protokoll 8, Versuch IV).

Ergebnisse:

1. Das unverdeckt gebliebene »D« der »DUV«-Zbl. Sch. bei den großen, das ebenso unverdeckt gebliebene »t« bei den kleineren Bl. war bei Anwendung aller I. Z., die über der Reizschwelle der UV-Strahlen für die Induktion der Stärkebildung lagen, nach Ausführung der Jodprobe tiefblauschwarz (siehe Fig. 2).
2. Wesentlich schwächer blauschwarz gefärbt, aber doch überaus klar, trat der obere Abschnitt des Wortes »Licht« im vom Quarz bedeckt gewesenen Bl.-Teil zutage (siehe Fig. 2).
3. Sonst war auf dem ganzen Bl. keine Andeutung von Bu.-Teilen festzustellen, auch nicht nach wochenlangem Aufenthalte in ziemlich stark mit Jodjodkalium gefärbter Sachs'scher Jodlösung.
4. Randstückchen des Bl., die von Schablonen unbedeckt geblieben waren, wurden je nach der Bedeckung mit Quarz oder gegebener Freilage heller bis tiefdunkelblau (siehe Fig. 2).

Nach diesen Feststellungen brachte auch der Quarz-Glas-Uviolglas-Versuch eine einwandfreie Bestätigung der auf p. 170 behandelten Ergebnisse und belegte einwandfrei, daß es durch eine relativ kurze I. Z. seitens der UV-Strahlen einer sehr starken A. Q. L. zu einer Induktion deutlicher Stärkebildung kommt, die nach entsprechender R. Z. durch den klaren Ausfall der Jodstärkeprobe nachweisbar wird.

Außerdem muß aus den angeführten Versuchsergebnissen erschlossen werden:

I. daß wie bei meinen Versuchen der Jahre 1929 bis 1932 (35) das gewöhnliche Fensterglas, die Obj., die die Stärkebildung auslösende Wirkung der UV-Strahlen völlig verhindert hatte und daß somit wieder die UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ als für diese interessante Strahlenwirkung verantwortlich anzusehen sind;

II. daß, da aber auch in den von Uviolglas bedeckt gewesenen Bu.-Flächen[1] keine Stärkereaktion zu erzielen war, auch das Uviolglas die für die Stärkebildungsinduktion wichtigen Strahlen völlig[2] absorbiert.

---

[1] Bis auf einen völlig unsicheren Fall, bei dem das betreffende Blatt 4 volle Minuten von der Unterseite her bestrahlt wurde.

[2] Oder fast völlig.

Nun geht aber, wie oben ausgeführt, die die Diastase zerstörende Wellenlänge von 253 μμ durch Uviolglas ebensogut wie durch Quarz.

Wenn also die Diastasezerstörung das Entscheidende für den beobachteten Versuchsausfall wäre, so müßte auch, den Gedankengängen Ursprung's und Blum's (31) entsprechend, in den unter Uviolglas bei der 2 bis 3, beziehungsweise 4^m-Bestrahlung[1] gelegen gewesenen Bu.-Flächen die Stärkeaussparung aus dem mit Stärke überbelastet gewesenen Bl. eingetreten sein, genau so wie im unbedeckt gewesenen »D« oder im »Quarzanteil« des Wortes »Licht«.

Das ist nun aber nicht der Fall, ganz abgesehen von der Tatsache, daß die Versuchsblätter um 8 bis $^1/_2 9^h$ früh eingesammelt wurden, also zu einer Tageszeit, bei der die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Annahme einer völligen oder fast völligen Stärkefreiheit des Bl. viel größer erscheint als für die einer Stärkeüberfüllung des Bl.

Dazu kommt, daß ja doch die Bl. ohne Schablonen im tiefen Dunkel der Dunkelkammer 7^h im feuchten Raume liegen blieben, ehe sie abgetötet wurden. Der Diastase des Subschablonen- und des vom Glas bedeckten Gebietes wäre es also durchaus freigestanden, in das unbedeckt oder mit Quarz bedeckt gewesene Gebiet des Bl. herein zu diffundieren und innerhalb von 6 bis 7^h ihre hydrolysierende Wirkung auf die Bu.-Stärke auszuüben, es sei denn, daß in den bestrahlt gewesenen Bu.-Flächen eine Antidiastase als Abwehrstoff während der kurzen Bestrahlungszeit zur Ausbildung gekommen wäre, die das Eindringen der Diastase in die Bu.-Areale während des Dunkelkammeraufenthaltes verhindert hätte.

Da aber auch nicht der geringste zwingende Grund zu einer derartigen Annahme von der Entstehung einer Antidiastase vorliegt, wenn eine einfachere Annahme zur befriedigenden Erklärung der Erscheinungen ausreicht, komme ich zu dem Schlusse:

Es ist heute durch den positiven Ausfall der Sachs'schen Jodstärkeprobe in von den Strahlen einer sehr starken A. Q. L. Nr. 2620 getroffenen Bl.-Flächen bewiesen,

A. daß es eine Stärke**bildung** im Areale der von UV-Strahlen < 300 μμ getroffenen Bl.-Flächen gibt;

B. daß, da selbst unter Uviolglas, das nach Hertel und Aguillon die Wellenlängen bis 253 μμ durchläßt, bei 2^m-, 3^m- und bei 4^m-Bestrahlung — bei dieser wenigstens bei der Bestrahlung von der Blattoberseite — Stärkebildung nicht mehr eintritt, wohl aber in von Quarz bedeckten und in unbedeckt gebliebenen Bl.-Flächen, die Stärkebildung in erster Linie von UV-Strahlen < 253 μμ, die durch Quarz durchgehen, ausgelöst wird;

[1] Hier der von der Oberseite (!) des Blattes.

C. daß die Stärkebildung von UV-Strahlen $< 253\,\mu\mu$ **induziert** wird, weil sich die Stärkeentwicklung bei sofortiger Tötung unmittelbar nach erfolgter Bestrahlung kaum ausreichend auszuwirken vermag, dagegen nach einem Aufenthalte von 6 bis 7^h in einem vollkommen dunklen Raume;

D. daß die Stärkebildung bei durch Tageslicht vorbelichteten Bl. vor sich geht, womit neuerlich wahrscheinlich gemacht wird, daß die Zuckersynthese des Assimilationsvorganges bereits vorausgegangen sein muß, ehe die UV-Strahlen $< 253\,\mu\mu$ ihre Wirksamkeit im Sinne der Bildung von Stärke aus Zucker ausüben können.

Was endlich noch die **mikroskopische Kontrolle** anlangt, so ließ sich bezüglich des Stärkegehaltes der Spaltöffnungs-Schließzellen eine interessante Beobachtung machen, die hier anschließend vermerkt sein mag.

Während nämlich die Zellen des Palisadengewebes und Schwammparenchyms in der Regel nur in den bestrahlt gewesenen Bl.-Flächen, den Bu.-Arealen usw., satteste Blauschwärzung der »autochthonen« Stärke in den Chlorophyllkörnern zeigten, die des Subschablonengebietes aber keine Spur von Stärkereaktion, so erwiesen sich die Chlorophyllkörner der Schließzellen, auch der im Subschablonengebiete, stärkehaltig. Es erschienen somit nach der Sachs'schen Jodprobe die Chlorophyllkörner der Schließzellen nicht nur der bestrahlt gewesenen, sondern auch die der unbestrahlt gebliebenen Bl.-Flächen blauschwarz infolge der Stärkemengen, die sie bargen (40).

Diskussion der einschlägigen Literatur.

Versuchen wir nun die eben geschilderten Erfahrungen mit denen der Chemiker über den Bau des Chl.-Farbstoffmoleküls und seinem Verhalten bei Oxydationen und Reduktionen in Einklang zu bringen, so gilt als gesichert (27), »daß die Chlorophylle leicht Hydrierungen (Reduktionen) und Dehydrierungen (Oxydationen) erleiden, die reversibel sind«.[1] »So meint Stoll (41), daß die H-Atome am C_9« des Chl.-Moleküls »leicht abgespalten werden können«. Auch ist infolge nicht völliger »Durchführung der Konjugation der Doppelbindungen im Porphinkern des Moleküls Dehydrierung und Hydrierung möglich«.

Chlorophyll *b* soll sich »nach H. Fischer (42) durch Oxydation des Propionsäurerestes am C_7« unterscheiden, wonach das »Chlorophyll $b = \mathrm{Chl}\,a + \mathrm{O} - 2\,\mathrm{H}$«.

»Nach Stoll und Wiedemann (41)« soll hinwiederum »durch Oxydation der Ring zwischen C_9 und C_{10} gesprengt« werden, wonach »$\mathrm{Chl}\,b = \mathrm{Chl}\,a + \mathrm{O}$« (27).

R. Kuhn und A. Winterstein (43) ist es nach Mothes (27) gelungen, »Chlorophyll reversibel zu reduzieren (hydrieren)«, indem sie bei »Behandlung mit Zinkstaub und Säure in Pyridin gelbbraunes Leukochlorophyll« erhielten, »in dem das komplex gebundene Mg noch erhalten blieb und das bei Sauerstoffzutritt wiederum grüne Farbe annahm und fluoreszierte. Das System Chlorophyll-Leukochlorophyll soll entscheidend für die Photosynthese sein, wobei Leukochlorophyll den Wasserstoff für die Reduktion der Kohlensäure liefert«.

---

[1] Von mir gesperrt.

Stoll-Wiedemann (41) betrachten dagegen »das native Chlorophyll als Wasserstoffspender«. Doch wird »die Auffassung, daß Oxydoreduktionsprozesse am Chlorophyllmolekül für die Photosynthese entscheidend sind, von allen Forschern vertreten«.

Vergleicht man hiezu die von mir an in reinstes Filtrierpapier aufgesogenem und getrocknetem Chl.-Farbstoff beobachtete Zerstörung bis zum scheinbaren völligen Schwund, so liegt der Gedanke nahe, daß sich durch die UV-Strahlenwirkung der starken k. H. S. ein Leuko-Chl. gebildet habe. Zur Verfolgung dieses Gedankens und zur diesbezüglichen Beweisführung fehlte mir aber noch die Zeit.

Nach Rudolph (44) erfolgt »die Chlorophyllbildung« »im Rot am stärksten' dann folgen Gelbgrün und Blau«, die Ausbildung der »Carotinoide vor allem im Blau, schwächer im Gelbgrün und nur sehr schwach im Rot«. »Im Rot, in dem die Neubildung der Carotinoide weitgehend unterdrückt ist, korrespondieren in den ersten Stunden Carotinoidabfall und Chlorophyllbildung. Daraus wird auf einen genetischen Zusammenhang beider Farbstoffgruppen[1] geschlossen, der bereits mehrfach vermutet worden ist«, wobei die Fragen offen bleiben, ob »die Carotinoide lediglich die nahe verwandte Phytolgruppe im Chlorophyllmolekül« oder ob sie »auch Teile des Porphinkerns« liefern, »der durch seine konjugierten Doppelbindungen Beziehungen zu den aus Isoprengruppen aufgebauten Carotinoiden zeigt« (27).

Es macht danach kaum Schwierigkeiten, sich zu denken, daß bei der nach 5 Minuten UV-Bestrahlung mit einer 300-Wattlampe eintretenden Zertrümmerung des Chl.-Moleküls die Phytolgruppe frei würde, die nun weiter zur Carotinoidbildung führen könnte.

Ebenso wäre es insbesondere im Hinblick auf meine (45) Ergebnisse (5) über die Induktion des Anthokyanabbaues durch sekundenlange UV-Bestrahlung sowie im Hinblick auf meine (46) Beobachtungen über Photooxydation bei stärke- und zellulosehaltigen Substraten im Strahlenbereiche der k. H. S. durchaus vorstellbar, daß die Zerlegung des Chl.-Moleküls in die Phytolgruppe und seinen Porphinkern auf die Wirkung eines durch die sekundenlange UV-Bestrahlung in seiner Entwicklung induzierten Fermentes »Chlorophyllase« (47) zurückzuführen sei, das in seiner weiteren Auswirkung schließlich Karotin und Xanthophyll entstehen ließe.

Endlich ist insbesondere im Hinblick auf meine (48) Befunde mit Kartonen, Filtrierpapieren und Kartoffelscheiben und deren Beziehung zu Shibata's und Yakushiji's (49) Gedankengängen über die Phasen des Assimilationsprozesses:

1. Bildung des Chl.-CO_2-Komplexes,
2. koordinative Anlagerung von 4 Wassermolekülen,
3. Aktivierung der 4 H_2O-Moleküle dieses »Aquokomplexes« durch die vom Chl. »quantenmäßig absorbierte Lichtmenge« in dem Sinne:

$$H_2O \rightarrow H \quad OH.$$

[1] Von mir gesperrt.

4. Reduktion der CO_2 durch die entstehenden 4 aktiven H-Atome zu CH_2O und H_2O,

Vereinigung der (OH)-Radikale zu $2 H_2O_2$

$$\begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} \!\!> C = O + 4 \text{ (H} \quad \text{OH)} = 2 H_2O + \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \!\!> C = O + 2 H_2O_2,$$

6. Aufspaltung des gebildeten H_2O_2 in $H_2O + O_2$ durch die Blattkatalase:

$$2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2 \text{ (50)}$$

ein kurzer Hinweis auf meine (vgl. p. 170) Beobachtungen über die Induktion der Stärkebildung im grünen Blatte durch eine 2 bis 3-Minuten-Bestrahlung mit der starken k. H. S. durchaus am Platze.

Der Parallelismus zur Bildung der »oxydierend und reduzierend wirkenden Substanz«, des vermuteten labilen H_2O_2, auf Kartonen und Filtrierpapier springt ins Auge. Denn da wie dort dreht es sich um Reduktionsvorgänge und direkte O_2-Ausscheidung im einen, Bildung einer »oxydierenden Substanz« im anderen Falle.

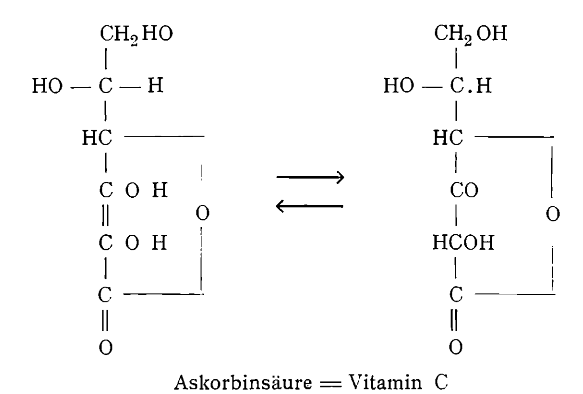
Mothes (50) hat daher wohl aus ähnlichen Gedankengängen heraus an dieser Stelle auch meine (51) 1932 veröffentlichten Befunde über Chl.-Z., beziehungsweise Chl.-E. durch, beziehungsweise nach Behandlung von grünen Laub-Bl. mit UV-Strahlen einer sehr starken k. H. S. kurz besprochen (52).

Es wäre durchaus möglich, daß die von Mothes (53) eingehend studierte »Gewebeproteinase Papain« mit dem von mir (51/2) als »tryptisches Ferment« bezeichneten, die Chl.-Stromata lösenden chemischen Agens identisch sein könnte, wie dies wohl auch Mothes (50) durch den Hinweis auf die Stelle (53), die er der »Papainaktivierung« widmet, zum Ausdruck zu bringen scheint.

»Die Aktivierung des Papains« »beruht« nach Mothes (53) »auf seiner Reduktion, die sowohl durch Pflanzendehydrasen (spezifischer Art?) oder stark wirkende Reduktionsmittel bewirkt wird, von denen« als »das biologisch wichtigste vielleicht die Askorbinsäure = Vitamin C (Karrer)« (54) erscheint (55), die, beziehungsweise das nach Laki (56) von größter Bedeutung »für die Konstanterhaltung eines bestimmten Reduktionspotentials in der Zelle« ist (57), von dem Karrer und Purr (58) bewiesen, daß es »die Reduktion der Gewebeproteinase durchzuführen vermag«[1] (57), und das nach den Untersuchungen von Szent-Györgyi (59), Hirst und Haworth (60), Micheel (61), Karrer (54), Reichstein (62) und v. Euler (63) »in zwei tautomeren Formen« vorkommt, deren Formel lautet:

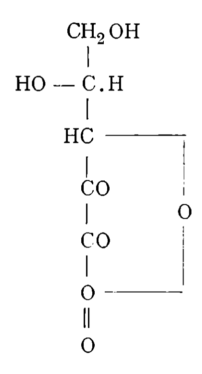
---

[1] Von mir gesperrt.



Askorbinsäure = Vitamin C

und leicht in Dehydroaskorbinsäure von der Zusammensetzung:



überzugehen vermag.

»Reversibel inaktivierend« wirken auf das Papain »alle milden Oxydationen durch Luftsauerstoff (in Gegenwart von Schwermetallen?) bei hohem p_H, H_2O_2, Chinon, Jod usw.« (55).

Solche kommen aber speziell bei der sekundenlangen Bestrahlung durch die starke k. H. S. in Frage.

Noch ein zweites Moment spricht für die Möglichkeit einer Identität des Mothes'schen »Papains« und des von mir (51) 1932 geforderten »tryptischen, proteolytischen Fermentes«.

Nach Mothes (55) kann die »Inaktivierung« des Papains »auch in einer Zerstörung bestehen und« »dann ist« diese »irreversibel«. Dieser Fall würde **unter der Voraussetzung, daß das Papain und das von mir in seiner Wirkung auf die Chl.-Stromata nachgewiesene »tryptische Ferment« identisch sind,** für die Erhaltung der Chl.-Stromata in den Bu.-Gebieten sprechen.

Meine Versuche würden somit den Beweis erbracht haben, daß die UV-Strahlen entweder direkt oder indirekt über

die Einleitung milder Oxydationen und der Bildung von H_2O_2 auf das von Mothes (55) studierte Papain einwirken.

Dabei bliebe es aber immer noch schwer verständlich, warum das eiweißlösende Ferment, das doch das Papain ist, seine Wirkung in den von mir behandelten Fällen gerade auf die Chl.-Stromata beschränkt und das Protoplasma und den Zellkern unangetastet läßt.

Man müßte höchstens annehmen, daß das, was man bisher Papain nannte, eine Gruppenbezeichnung wäre von Stoffen, die eng miteinander verwandt und chemisch derzeit noch nicht voneinander unterscheidbar, zur Arbeit an jeder Sorte von in der Zelle befindlichem Eiweiß abgestimmt wären. Das die Chl.-Stromata lösende wäre danach logisch Chloro-Papain zu benennen, dem Ab- und Aufbau der Chl.-Stromata in den Zellen obliegen würde (64). Hat doch Mothes (55) nachweisen können, daß nach Abbau von Eiweiß »in Gegenwart reduzierender Agenzien«, nach möglichster Konzentration des Autolysats, Erhöhung des p_H auf etwa 7 und Wegschaffung der Aktivatoren durch Oxydation, ein Prozeß anhebt und abläuft, »der als Eiweißsynthese[1] angesprochen werden kann und der sich in der Zunahme der mit Sulfosalizylsäure fällbaren Substanz äußert« (55).

Es ließe sich ohne weiteres annehmen, daß in Nachwirkung nach kurzer UV-Bestrahlung, die nur zu beginnender Chl.-Z. geführt hätte (51), die sich ihrerseits unter dem Fluoreszenzansatz der k. H. S. durch die Änderung der Fluoreszenz, das goldgelbe Aufleuchten der Bu.-Flächen im roten Grunde verriet, das hypothetische Chloro-Papain in seiner aufbauenden Arbeit wieder einsetzt und die ins Wanken geratene Konstitution der Stromata wieder restituiert.

Trotz alledem wird man auf die Annahme noch eines weiteren, den Ab- und Aufbau des Chl.-Farbstoffes besorgenden Fermentes, dem ich den Namen »Chlorophyllase« gegeben habe (51), nicht verzichten können, das dadurch vom »Chloro-Papain« unterschieden wäre, daß sich seine Arbeit auf den Chl.-Farbstoff als solchen beschränken würde. Es ist dies jenes Ferment, von dem am Beginn dieser Diskussion der einschlägigen Literatur die Rede war und dem die dort behandelten Dehydrierungs- und Hydrierungsvorgänge im Chl.-Farbstoff nach der sekundenlangen Bestrahlung, insbesondere der Unterseite der Bl. durch besonders starke k. H. S., zuzuschreiben wären.

Nun stehen aber die durch die »Chlorophyllase« in den von der Unterseite her bestrahlten Blättern von *Tropaeolum majus* gebildeten Karotine als Karotine nach Karrer (65) auch in engster Beziehung zum Vitamin A, da nach Karrer das Molekül des Vitamins $A = \frac{1}{2}$ des Moleküls des Karotins, desselben Vitamins A

---

[1] Von mir gesperrt.

also, das nach Euler (65) von der menschlichen und tierischen Leber aus Karotin gebildet werden kann.

Nach Karrer lautet nämlich die Konstitutionsformel des Vitamins *A*:

$$
\begin{array}{l}
\quad CH_3 \quad CH_3 \\
\qquad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad\;\; C \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \\
\qquad \diagup \;\; \diagdown \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad | \\
CH_2 \quad C - CH = CH - C = CH - CH = CH - C = CH - CH_2OH, \\
\;\; | \qquad \| \\
CH_2 \quad C - CH_3 \\
\qquad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad CH_2
\end{array}
$$

und die des β-Karotins:

$$
\begin{array}{l}
\quad CH_3 \quad CH_3 \\
\qquad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad\;\; C \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \\
\qquad \diagup \;\; \diagdown \qquad\qquad\qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad | \\
CH_2 \quad C - CH = CH - C = CH - CH = CH - C = CH - CH = \\
\;\; | \qquad \| \\
CH_2 \quad C - CH_3 \\
\qquad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad CH_2
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{l}
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \quad CH_3 \\
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad\qquad\quad CH_3 \qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_3 \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad\;\; C \\
\qquad\qquad\quad\; | \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\;\; | \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \diagup \;\; \diagdown \\
= CH - CH = C - CH = CH - CH = C - CH = CH - C \quad CH_2 \\
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \| \qquad | \\
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad H_3C - C \quad CH_2 \\
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \diagdown \;\; \diagup \\
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_2
\end{array}
$$

Danach haben wir in der sekundenlangen UV-Bestrahlung mit nachfolgender Unterbringung der Versuchsblätter in feuchten Kammern ein Mittel in der Hand, in etwa 2 bis 3 Tagen karotinreichste, für *A*-Vitaminbildung geeignetste Blätter zunächst von der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L., zu produzieren und, wenn diese Karotinbildungsinduktion auch für die verschiedensten Futterpflanzen und menschlichen Nahrungsmittel, wie den Spinat, gelten sollte, die Möglichkeit, für *A*-Vitaminbildung besonders brauchbare Futter- und Nahrungsmittel gerade in jener Zeit des Jahres reichlich zu erzeugen, wo die bekannten, an *A*-Vitamin reichen Früchte, Wurzeln usw. noch nicht zur Verfügung stehen.

Damit wächst aber die Induktion der Chlorophyllase durch die Bestrahlung mit sehr lichtstarken künstlichen Höhensonnen mit ihrem Chlorophyllabbau und ihrer Karotinbildung in den UV-bestrahlten Blattarealen samt

ihrer Wechselwirkung mit dem Chloro-Papain und dem Vitamin C weit über den Rahmen einer schlichten pflanzenphysiologischen Studie hinaus und in den der Wechselwirkungen zwischen Pflanze, Tier und Mensch und deren Förderung durch die technischen Leistungen menschlichen Geistes hinein.

Fußnoten zu vorliegender Arbeit.

1. »Analysenquarzlampe, Original Hanau (A. Q. L.) Nr. 2620«, ohne Filterglas.
2. Richter O., I. Neue Beiträge zur Photosynthese und Photolyse vornehmlich an der lebenden Pflanze. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., 103. Bd. (1932), p. 165 und 172—176.
3. Vgl. »Die neuen medizinischen Modelle der Höhensonne«. Jubiläumsmodelle Typ S 500, Original Hanau, p. 6 und 7.
4. Die neueste vollkommenste Ausführung ist die nach Dr. Havlicek's Angaben in Hanau konstruierte Laparophoslampe (siehe Havlicek H., Anatomische und physiologische Grundlagen der Thromboseentstehung und deren Verhütung. Aus dem allgemeinen öffentlichen Bezirkskrankenhause zu Schatzlar, 1934, p. 13 und 14).

Richter O., II. »Licht«-Schrift in Blumen. Eine Verwendungsmöglichkeit der künstlichen Höhensonne im Gärtnereibetriebe. Die Gartenbauwissenschaft, 7. Bd., 5. Heft, p. 532.

Derselbe, III. »Sag' es durch die Blume«. Die Umschau, 22. Heft vom 27. Mai 1933, XXXVII. Jahrg., p. 420.

Derselbe, IV. Durch strahlende Energie in Pflanzen hervorgerufene Beschriftungen. Verhandl. d. naturf. Vereins in Brünn, 65. Jahrg. (1934), p. 68, besonders p. 74.

Derselbe, V. »Licht«-Schrift. in Blumen. Eine Verwendungsmöglichkeit der künstlichen Höhensonne im Gärtnereibetriebe. II. 1. Durch UV-Strahlen $< 300\ \mu\mu$ von höchster Intensität ausgelöste Induktion der Anthokyan-Zerstörung und die sie beherrschenden Gesetze. 2. Die Krystallisation des Anthokyans in Blumenblättern als mit UV-Strahlen $< 300\ \mu\mu$ hervorgerufener Bestrahlungseffekt [druckfertig].

6. Dabei wurde auch stets darauf geachtet, daß, worauf bei den minutenlangen Bestrahlungen nicht vergessen werden darf, die warm bis heiß gewordene Glasscheibe vor jeder neuen Bestrahlung ebenso wie das zugehörige Filtrierpapier unter der Wasserleitung in fließendem kalten Wasser gekühlt wurde. Bei den kurzen Sekunden- bis 1-Minute-Bestrahlungen blieb Glasscheibe und nasses Filtrierpapier ganz kalt, weshalb in diesen Fällen die Kühlung unter der Wasserleitung unterblieb.
7. Für diese Art von Versuchen sind zwei Personen unbedingt erforderlich, eine, die ihre ganze Aufmerksamkeit der Zeitkontrolle und der Notierung der Expositionszeiten widmet (ich möchte auch an dieser Stelle meiner lieben Tochter Gertraut für ihre unentwegte Mithilfe bei diesen Versuchen meinen herzlichsten Dank zum Ausdruck bringen), und eine zweite, die die Blätter für die Exposition vorbereitet und nach erfolgter Bestrahlung wieder in der oben geschilderten Weise in einer feuchten Kammer versorgt. — Dabei hat die die Exposition der Blätter besorgende Person, was für die exakte Lösung der gestellten Probleme wesentlich ist, ein mit Pappendeckel versehenes Heft oder einen Pappendeckel oder sonst einen Lichtschirm bereit zu halten, um im Augenblicke der Ansage des Ablaufs der Expositionszeit (also beim »Achtung: Schluß!«) durch Zwischenschaltung dieses Schirmes die Exposition plötzlich zu beenden und im Schutze dieses Lichtschirmes den Versuch aus dem Strahlenbereiche der Lampe zu entfernen. Dieser Vor-

gang ist auch schon deshalb nötig, damit auch jeder folgende Versuch mit der völlig eingebrannten Lampe durchgeführt werden kann und nicht für jeden Teilversuch der langen Versuchsreihe die Lampe jedesmal wieder 3 Minuten lang einbrennen gelassen werden muß.

8. Richter O., I., l. c., p. 168.
9. Kluyver A., I. Beobachtungen über die Einwirkung von ultravioletten Strahlen auf höhere Pflanzen. Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., CXX. Bd., 10. Heft, Abt. I (1911), p. 1137, besonders p. 1147.
10. Siehe Richter O., I., l. c., p. 165, 166, 167. Man beachte besonders die Ergebnisse der Untersuchungen unter dem Fluoreszenzansatz.
11. Die Herstellung der ursprünglichen Farbentafel verdanke ich Herrn MUDr. Wilh. Bittner, dem ich auch an dieser Stelle für seine künstlerische Leistung innigen Dank sagen möchte. — Da der Schatzlarer Photograph keine passenden Farbenfilter besaß, um die beiden in der Tafel dargestellten charakteristischen Blätter entsprechend kontrastreich aufzunehmen, nahm ich Dr. Bittner's freundliche Erklärung, die zwei Blätter mit dem Pinsel festzuhalten, dankbarst an. Leider konnte des Kostenpunktes wegen die Reproduktion nicht farbig vorgenommen werden.
12. Molisch H., Die Krystallisation und der Nachweis des Xanthophylls (Karotins) im Blatte. Ber. d. Deutschen bot. Ges. (1896), p. 27, 28.
13. Dies spräche im Hinblick auf die Ausführungen der Punkte 2. bis 6. dafür, daß eine I. Z., die zu kurz ist, um im Schwammparenchym des Bl. Chlorophyllasebildung auszulösen, scheinbar ausreichend ist, um dank der Durchschlagskraft der UV-Strahlen der A. Q. L., die Abzugsbahnen für die N-haltige Chl.-Komponente durch Substanzfällung in den Siebröhren völlig zu verlegen. Vgl. hiezu p. 165 u. 166.
14. Vgl. Richter O., I., l. c., p. 169, wobei wieder »hervorgehoben sein mag, daß sich diese Bezeichnung mit dem Begriffe der von Willstätter (Richard Willstätter und Arthur Stoll, ‚Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure', Berlin (1918), Verl. v. Jul. Springer, p. 251) gefundenen Chlorophyllase, die nur die Phytolabspaltung bewirkt, nicht vollkommen deckt«.
15. Siehe Richter O., I., l. c., p. 168, 169.
16. Stahl E., »Zur Biologie des Chlorophylls«. Verl. v. G. Fischer, Jena 1909.
17. Richter O., VI. Über das Erhaltenbleiben des Chlorophylls in herbstlich verfärbten und abgefallenen Blättern durch Tiere. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, XXV. Bd., VII. Heft, p. 385 (1915). — Ich benütze diese Gelegenheit, um einen Druckfehler in meiner Arbeit I. auszubessern, wo es heißt »Nitocolletis-« statt »Lithocolletis«-Minen. — Vgl. auch Richter O., VII. Zur Frage des Erhaltenbleibens des Chlorophylls in herbstlich verfärbten, mit Tierminen versehenen Blättern. Ber. d. Deutschen bot. Ges. (1934), Bd. LII, Heft 4, p. 192.
18. Molisch H., Über die Vergilbung der Blätter. Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 127. Bd., 1. Heft, p. 24 (1918).
19. Siehe Richter O., I., l. c., p. 192, 193, p. 189 und 191, und Richter O., II., l. c., p. 528.
20. Objektträger.
21. Vgl. Richter O., I., l. c., p. 172.
22. A. Q. L. Nr. 2620.
23. Von der Annahme einer Abtötung der Siebteile der Gefäßbündel muß nach den Erfahrungen an v. d. US. her bestrahlten Bl. Abstand genommen werden.
24. Stahl E., l. c. (16), p. 163/4.
25. Richter O., VI. und VII., l. c. (17), p. 163/4.
26. Molisch H., l. c. (18), p. 163/4.
27. Mothes K., Stoffwechsel organischer Verbindungen. B. Photosynthese. Fortschr. d. Bot., III. Bd., Ber. über das Jahr 1933, Verl. v. Julius Springer 1934,

p. 129 und p. 137—141. — Vgl. Diskussion der einschlägigen Literatur (am Schluß vorliegender Arbeit).

28. Versuche mit *Robinia Pseudacacia*-Bl. mit I. Z. von 30^s und 50^s bis 1, 2, $2^1/_2{}^m$ bei 25 *cm* D., von 80^s bis 6^m bei 50 *cm* D. führten nur zu Erscheinungen der Chl.-E. Eine scharfe Scheidung von für die Chl.-Z., beziehungsweise Chl.-E. geeigneten I. Z. wie bei den *Tropaeolum*-Bl.-Versuchen war unmöglich, was vielleicht mit der Dünne der Bl. zusammenhängen dürfte. Längere Bestrahlungen (von 3^m) lösen bereits sofortige Chl.-Z., also sogenannte Chl.-»Zertrümmerung« aus.

29. Abgekürzt: k. H. S., der Analysenquarzlampe, Original Hanau: A. Q. L. Nr. 2620, ohne Filterglas.

30. Assimilation im Bereiche der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ in Richter O. I. (2), l. c., p. 172, 173, besonders p. 176.

31. Ursprung A., Über die Stärkebildung im Spektrum. Ber. d. Deutschen bot. Ges. (1917), Bd. 35, Jahrg. 35, p. 44—64.

    Ursprung A. und Blum G., Über die Schädlichkeit ultravioletter Strahlen. Ber. d. Deutschen bot. Ges. (1917), Bd. 35, Jahrg. 35, p. 385, besonders p. 402.

32. Die verwendeten Schablonen zeigten die Buchstaben-(Bu.)-Folgen: »Licht« und »DUV«.

33. Eine längere Dauer der Bestrahlung als 4^m war bei der großen Intensität der A. Q. L. Nr. 2620 der eintretenden Erhitzung der in 25 *cm* gehaltenen Bl., der einsetzenden Chl.-Zertrümmerung und der sonstigen Bl.-Schädigungen durch zu lange Bestrahlung wegen nicht ratsam.

34. »Verhalten von an Anthokyan und an Karotin reichen Pflanzenorganen im Strahlenbereiche der künstlichen Höhensonne« in Richter O.: I. (2), l. c., p. 188.

35. Assimilation im Bereiche der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ in Richter O.: I (2), l. c., p. 175/6 und p. 206, Abb. 18.

36. Meiner Arbeit: Assimilation usw., l. c., p. 177—180.

37. Hertel und Aguillon, Compt. rend. 1911, p. 398, zitiert nach A. Ursprung und G. Blum, l. c., p. 401, 402.

38. Dieselben, zitiert nach Houben-Weyl, Die Methoden der organischen Chemie. II. Bd., 1922, Verl. Georg Thieme, Leipzig, »Belichten« von Houben J., p. 912, besonders p. 929.

39. Assimilation im Bereiche der UV-Strahlen $< 300\,\mu\mu$ in Richter O.: I. (2), l. c., p. 179.

40. Damit erscheint wieder ein Beitrag zur Ausnahmsstellung der Spaltöffnungsschließzellen in ihrem Chemismus und ihrem sonstigen Verhalten aufgefunden, wie sie durch die Untersuchungen von Molisch, Kindermann, Hamorak, Kluyver u. a. bei so vielen Gelegenheiten nachgewiesen worden ist.

41. Stoll, A. und E. Wiedemann, Naturwissenschaften, *20*, 628, 955 (1932), zitiert nach Mothes K., p. 137.

42. Fischer H. u. Mitarbeiter in Liebig's Ann., *498*, 228 (1932); *499*, 84 (1932); *503*, 13 (1933); *505*, 85 (1933), zitiert nach Mothes K., p. 137.

43. Kuhn R. und A. Winterstein, Ber. d. Deutschen chem. Ges., *66*, 1741 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 140.

44. Rudolph H., 1. Ber. d. Sächs. Akad. d. Wiss., math.-phys. Kl., *85*, 107 (1933); 2. Planta, *21*, 104 (1933), zitiert nach Mothes, p. 138.

45. Richter O., I. (2), l. c., p. 188.

    Derselbe, II.—IV., »Licht«-Schrift in Blumen usw., l. c. (5), p. 532, 420, beziehungsweise 74.

46. Richter O., VI. Neue Beiträge zur Oxydoreduktion, insbesondere zur Photooxydation bei stärke- und zellulosehaltigen Substraten im Strahlenbereiche kräftiger künstlicher Höhensonnen (k. H. S.) [druckfertig].

47. Dieser von mir schon 1932 zur Erklärung gewisser Erscheinungen verwendete Begriff deckt sich anscheinend nicht vollkommen mit dem von Willstätter in die Literatur eingeführten gleichen Ausdruck (vgl. auch Fußn. 14).
48. Richter O., I. (2), l. c., p. 181/7.
49. Shibata K., Naturwiss., *21*, 267 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 140.
50. Vgl. Mothes K., l. c., p. 140/1, Nr. 1—6.
51. Richter O., I. (2), l. c., p. 165—172, besonders p. 166—169.
52. Dabei kritisiert er auch in einer Fußnote die von mir zur Bekräftigung meiner mikroskopischen Befunde in Anwendung gebrachten »qualitativen Eiweißreagenzien« (Mothes, l. c., p. 141), die dieselben waren, deren sich Molisch H. bei seiner Arbeit: »Die Eiweißproben, makroskopisch angewendet auf Pflanzen« (Zeitschr. f. Botanik, 8. Jahrg. (1916), Heft 2, p. 124), bediente. Mothes sagt p. 141: »Es bleibe dahingestellt, ob die größere Färbbarkeit wirklich etwas über höheren Eiweißgehalt auszusagen vermag.« — Ich glaube, daß dies sowohl aus Molisch's seinerzeitigen grundlegenden von mikroskopischen Untersuchungen begleiteten Beobachtungen wie aus meiner mikroskopischen Kontrolle meiner Befunde über die Chl.-Stromaerhaltung nach UV-Bestrahlung hervorgeht. Wenn im Subschablonengebiete alle Chl.-Körner fehlen und nur mehr die Zellkerne gefärbt sind, so muß mit den Eiweißreagenzien makroskopisch eine zartere Farbe zustande kommen als dort, wo in den Bu.-Arealen die ungeheuren Mengen des Chl.-Eiweißstromas **auch die Eiweißreaktion geben.** Daher sagt meiner Meinung nach die »größere Färbbarkeit wirklich etwas über höheren Eiweißgehalt« aus und macht es überdies sehr wahrscheinlich, daß die UV-Strahlen etwas zerstört haben müssen, was die Stromata beim Chl.-Abbau in Lösung bringt und dem ich den Namen: »Tryptisches Ferment« gegeben habe. Ich möchte übrigens hervorheben, daß das Dauerpräparat der Millon'schen Probe von 1932 noch heute ausgezeichnet erhalten ist.
53. Mothes K., l. c., p. 157/8 (1933/4) und 1. Planta, *19*, 117 (1933); 2. Flora, *128*, 58 (1933); Forsch. und Fortschr., *9*, 438 (1933); Ber. d. Deutschen bot. Ges., *51*, 31 (1933); 3. Naturwiss., *21*, 883 (1933).
54. Karrer P. und Mitarbeiter, 1. Helvet. chim. acta, *16*, 701, 1161 (1933); 2. Biochem. Zeitschr., *258*, 4 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 158 und p. 163.
55. Mothes K., l. c., p. 158; vgl. auch Fußnote (53).
56. Laki K., Zeitschr. f. physiolog. Chemie, 217 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 163.
57. Siehe Mothes K., l. c., p. 162/3.
58. Karrer und Purr, zitiert unter Karrer und Mitarbeiter; und Purr A., Biochemic. J. 27, 1703 (1933) nach Mothes, l. c., p. 163.
59. Szent-Györgyi, Biochemic. J. 22, 1387 (1928); *26*, 865 (1932); 2. Zeitschr. f. physik. Chem., *217*, 51 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 162.
60. Hirst und Haworth, 1. J. soc. chem. ind., *52*, 221, 482 (1933); 2. Nature, *131*, 617 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 162.
61. Micheel F. und K. Kraft, 1. Zeitschr. f. physiol. Chem., *215*, 215 (1933); *216*, 233 (1933); *218*, 280 (1933); 2. Forsch. und Fortschr., *9*, 186 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 162.
62. Reichstein T. und Mitarbeiter, Helvet. chim. Acta, *16*, 561, 1019 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 162.
63. v. Euler H. und Mitarbeiter, 1. Zeitschr. f. physiol. Chem., *217*, 1, 167 (1933); *219*, 215 (1933); 2. Liebig's Ann., *505*, 73 (1933), zitiert nach Mothes K., l. c., p. 162.
64. Das von Oes nachgewiesene Ferment der Kernsubstanzlösung (vgl. Oes Adolf: »Über die Autolyse der Mitosen«, Botanische Zeitung, I. Abt. (1908),

p. 89; p. 110—116), die Nuklease, dürfte nun als »Nucleo-Papain« ein beachteteres neues Dasein führen usw.

65. Karrer P. (zitiert nach Hans v. Euler: »Wirkungen des Karotins und des Vitamins *A*«. Die Umschau, 36. Jahrg., Heft 39 vom 24. September 1932, p. 762).

Abbildungserklärung

zur Abb. 1 bis 4 der Taf. I.

Abb. 1. Nachweis einer Induktion der Chlorophyllerhaltung } durch
Abb. 2. » » » Chlorophyllzerstörung }
eine 16 Sekunden währende Bestrahlung von Blättern der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L., durch die UV-Strahlen $< 300\ \mu\mu$ einer sehr starken Quarzquecksilberlampe — Analysenquarzlampe Nr. 2620 — bei 25 *cm* Distanz.

Beide Abbildungen stellen den Versuchseffekt nach 72, 96, beziehungsweise 110 Stunden Aufenthalt der bestrahlten Blätter, die unmittelbar nach erfolgter Bestrahlung keine Spur von Veränderung aufwiesen, in der feuchten Kammer dar.

Die Abb. 1 und 2 sind Photographien einer Farbentafel, die die Buchstabenfolge in Abb. 1 sattdunkelgrün auf hellgelbem und in Abb. 2 sattdunkelgelb auf grüngelblichem Grunde zeigt. In Abb. 2 sind auch die beiden Randstreifen dottergelb.

Abb. 1. Das von der Oberseite her bestrahlt gewesene Blatt läßt beim Aufenthalt in der feuchten Kammer im Palisadengewebe der Oberseite in den 16^s bestrahlt gewesenen, also den Buchstabenarealen, typische Chlorophyllerhaltung hervortreten.

Abb. 2. Das mit der Unterseite der UV-Strahlenquelle zugekehrt gewesene Blatt weist nach der 16^s-Bestrahlung und dem entsprechend langen Aufenthalte in der feuchten Kammer im Palisadenparenchym der Blattoberseite in den bestrahlt gewesenen Flächen, also in den Buchstabenarealen und in den über die Zinkblechschablonenränder hervorragenden Blattflächen, typische Karotin- und Xanthophyllbildung auf. Durch die 16^s-Bestrahlung von der Unterseite her war also Chlorophyllzerstörung induziert worden (siehe Text, p. 160—163) (Protokoll Nr. 3).

Abb. 3. Nachweis der Zerstörung von in Filtrierpapier aus äthylalkoholischen Lösungen aufgesogenem Chlorophyllfarbstoff durch starke Quarzquecksilberlampen (Lichtquelle: Künstliche Höhensonne Nr. 104.220[1] der Quarzlampen-Gesellschaft in Hanau. Distanz 20 *cm*, Expositionszeit: 10 Minuten). Der Effekt war sofort nach Beendigung der Bestrahlung zu sehen. Die Filtrierpapiere mit den Schablonen »Navicula« wurden mit schwächeren Lösungen, die mit Schablone »Licht« mit konzentrierter Chlorophyllösung getränkt (siehe Text, p. 165) (Protokoll Nr. 6).

Abb. 4. Ein Stärkebildungs-Induktionsversuch mit Blättern der Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L., als Ergebnis einer minutenlangen Bestrahlung der Blätter durch starke UV-Strahlenquellen.

Die 4, beziehungsweise 3 Minuten der UV-Bestrahlung mittels der Analysenquarzlampe Nr. 2620 in Schatzlar bei 25 *cm* Distanz ausgesetzt gewesenen Blätter wurden nach erfolgter Bestrahlung in der feuchten Kammer in der Dunkelkammer 6 bis 7 Stunden belassen und dann nach der Chlorophyllextraktion durch Äthylalkohol der Sachs'schen Jodprobe unterzogen.

Man beachte die tiefdunkle Färbung der Buchstabenfolgen auch im unteren Blatte, das anscheinend nicht ganz stärkefrei zum Versuche verwendet wurde (siehe die leichten Schwärzungen auch im Subschablonengebiete).

Man beachte aber vor allem auch die scharfen Abschnitte der Buchstaben DUV, die beweisen, daß Objektträger imstande sind, die für die Stärkebildung verantwortlichen UV-Strahlen $< 300\ \mu\mu$ abzufiltrieren (siehe Text, p. 169—172) (Protokoll Nr. 7).

---

[1] Im eigenen Institute in Brünn (14. Februar 1935).

Richter O.: Induktion der Zerstörung und Erhaltung des Chlorophylls sowie der Assimilation durch UV-Strahlen < 300 μμ bei Verwendung sehr starker Quarzquecksilberlampen.

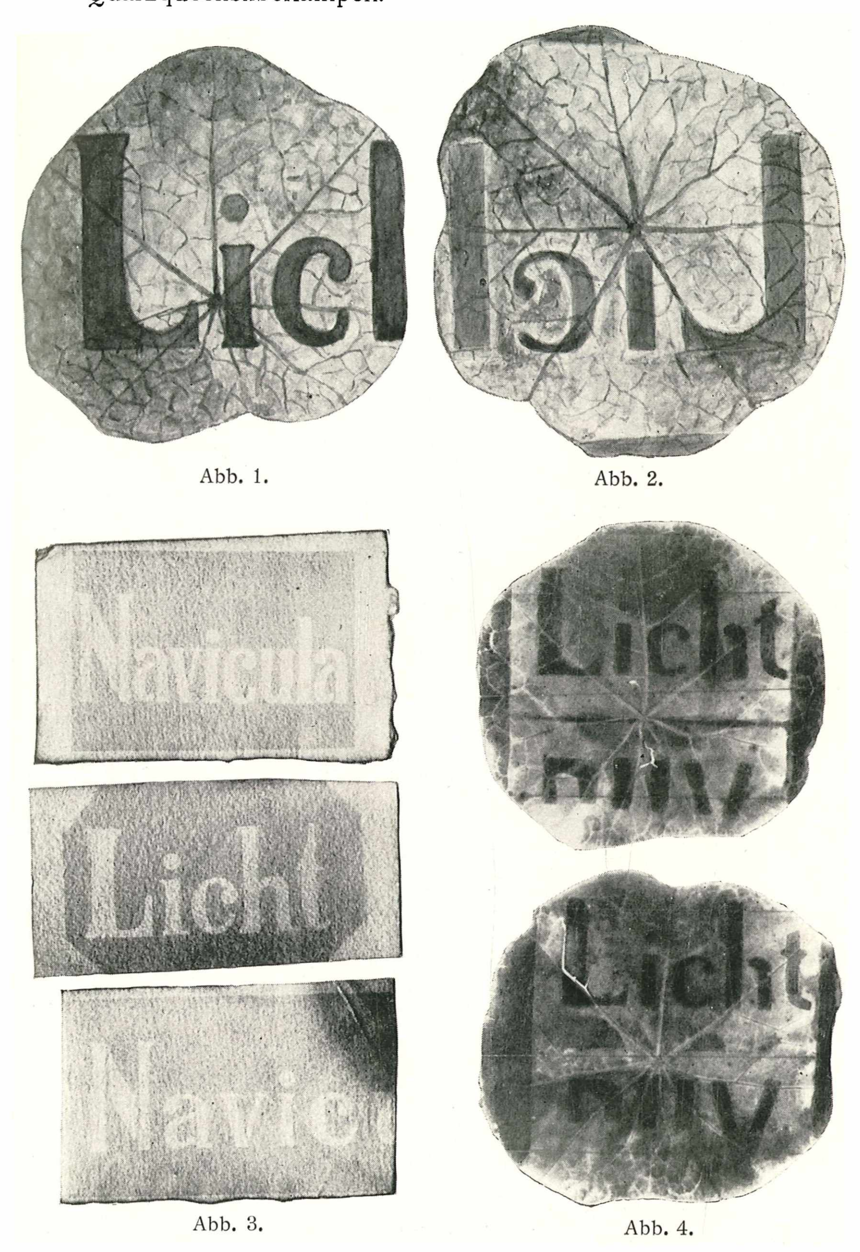


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 4.

Gemalt: Dr. W. Bittner; phot.: techn. cand. W. Albrecht.